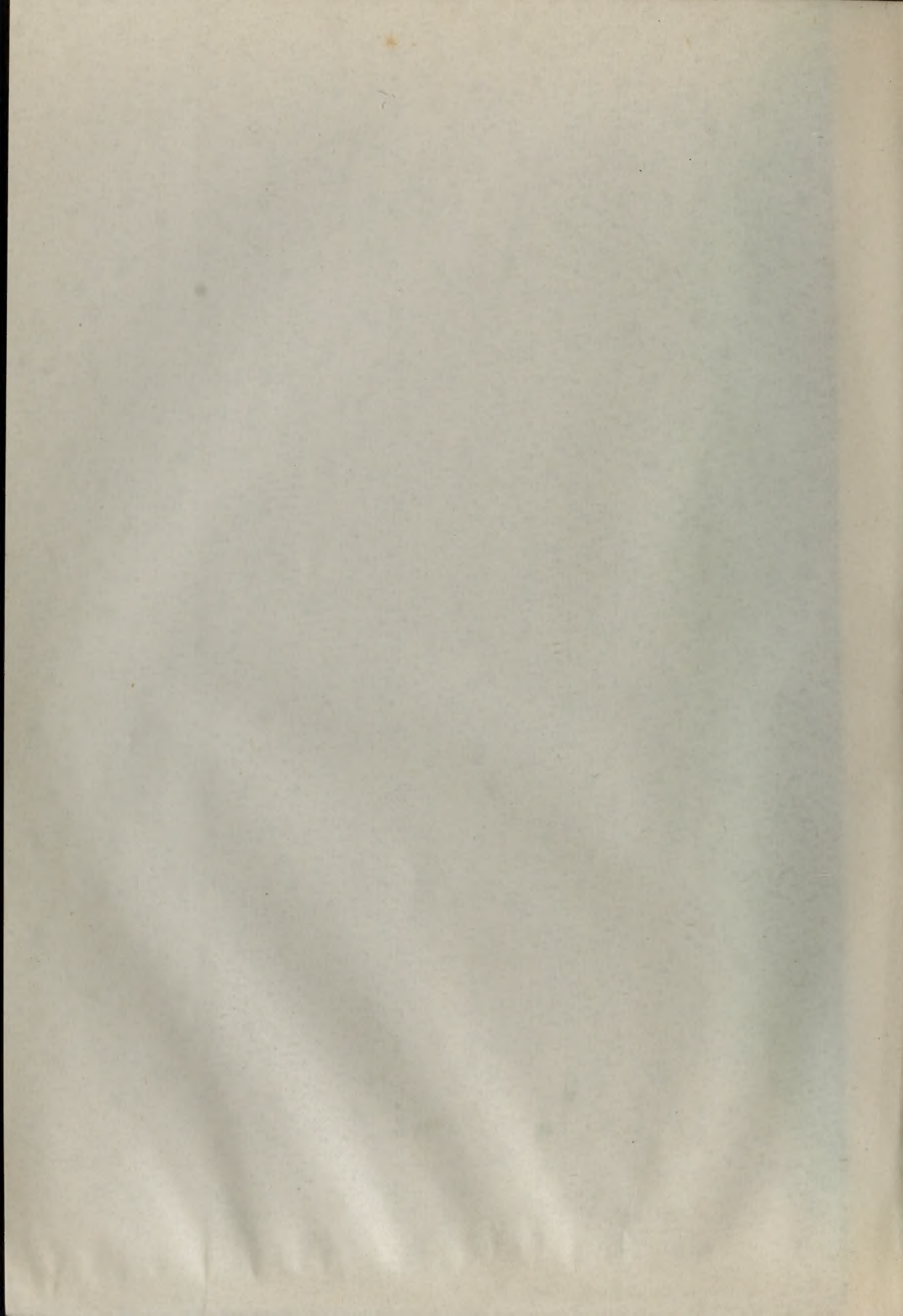


黄淮海平原治理与农业开发

中国农业科学院编著

中国农业科技出版社



黄淮海平原治理与农业开发

中国农业科学院　编著



中国农业科技出版社

内 容 提 要

本书是中国农业科学院三十多年来在黄淮海平原开展农业科学试验研究所取得的科技成果的全面总结。全书分十八章，内容包括：农业气候和气象灾害，水资源开发利用，土壤、耕作和施肥；豫东、豫北、鲁北地区综合治理典型经验；农业结构调整；主要农作物和果树、蚕桑的栽培技术和病虫害防治；畜牧业生产；农村能源的开发利用等。内容全面，资料丰富，具有较强的综合性、生产性和科学性，对进一步治理和开发黄淮海平原具有重要的参考价值。本书可供各地农业生产部门、农业科研部门的干部、科技人员和农业院校师生参考。

黄淮海平原治理与农业开发

中国农业科学院 编 著

责任编辑 王涌清 赵学贤

薛 尧 杜 洪

封面设计 马 钢

中国农业科技出版社出版（北京海淀区白石桥路30号）

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

北京海淀区跃华印刷厂印刷

开本，787×1092毫米1/16印张34.75 字数，830千字

1989年10月第一版 1989年10月第一次印刷

印数：1—2000册

ISBN 7-80026-127-1/S·96

定 价，15.00元

主　编

賈大林　甘晓松　张绍丽　黄照愚

编写人员（依姓氏笔划为序）

王士英	王守纯	王应求	王素云	王雅儒	甘吉生	甘晓松
左覃元	孙二凤	孙克用	孙金如	孙雪峰	孙鸿良	汤之怡
刘玉兰	刘世春	刘宝兰	朱颖初	杨仁政	杨正明	杨守春
杨经泽	冷石林	李占柱	李占秀	李承华	何荣汾	佟屏亚
吴明才	汪德水	周广和	林汉连	林光海	岳绍先	陈玉明
陈庆沐	陈瑞岳	洪锡午	胡毓琪	南鸿飞	贺程浩	张　真
张　骛	张夫道	张绍丽	张宝明	张雄伟	賈大林	耿华珠
凌碧莹	徐晨灵	顾宝琳	黄茂勋	黄诗铿	黄照愚	谢承陶
覃志豪	蒋国柱	魏鸿钧				

审稿人员（依姓氏笔划为序）

王守纯	甘晓松	孙大容	苏加楷	吴克谦	吕鸿声	何维勋
林　葆	张绍丽	賈大林	賈佩华	胡毓琪	黄滋康	黄照愚
曾祥光	瞿志海					

前言

《黄淮海平原治理与农业开发》是中国农业科学院三十多年来在黄淮海平原开展农业科学试验研究取得的一项重大科技成果。

中国农业科学院从五十年代开始就在这个地区与有关部门协作，从总结群众经验和调查生产中存在的问题入手，采取实验区、试验场、试验室相结合，试验、示范、推广相结合，领导、群众和科技人员相结合的方式，对主要农作物的育种、栽培、土壤改良、施肥、灌溉、植物保护、营建果林以及发展畜牧业等方面进行了比较系统的科学研究，并取得一批重大的科研成果。

“六五”期间，黄淮海平原中低产地区综合治理、综合发展被列为国家38项科技攻关项目之一，我院有16个专业所（室）130余名科技人员参加了四方面13个题目的研究。研究课题包括：主要农作物的品种选育和栽培技术、盐碱地植棉、沙地葡萄、蚕桑高产等优质产品开发的关键技术研究；区域水盐运动和旱涝盐碱的监测预报技术研究；提高化肥效益和快速培肥土壤技术，旱地农业增产技术，抗旱、除涝、防涝防渍、治碱灌排技术等改善生产条件提高抗灾能力的研究；合理调整农业生产结构和作物布局研究与地区开发经济效益研究，以及陵县、禹城、商丘不同类型实验区综合治理和综合发展的成套技术设计和生产性试验研究。仅“六五”期间就获得十多项获奖成果，促进了黄淮海平原的经济建设，取得了巨大的经济效益，也推动了黄淮海平原农林牧相结合大面积综合治理的发展，显示了我国区域综合治理的特色。

国家决定黄淮海和三江平原作为重点农业开发基地，要求黄淮海平原在本世纪末增产250亿公斤粮食。为了更好地完成中央提出的这一光荣任务，促进科技交流和科技成果商品化，加速农业现代化的步伐，特编撰了本专著。本书经过三年多的时间，以大量科学实验所取得的新的试验材料、新的科研成果为依据，进行了较系统的整理和总结，并将其提高到理论上进行分析阐述。本书涉及面广，有新理论、新方法、新技术，具有综合性、生产性、科学性较强的特点，可供各地农业生产部门、农业科研单位、农业院校参考。

由于水平所限，错误之处，热忱希望读者予以批评指正。

编著者

1988年5月

目　　录

绪　论

黄淮海平原是我国最大的平原，地跨冀、鲁、豫、苏、皖和京、津二市，面积30万平方公里，占全国平原总面积的三分之一左右。耕地2.7亿亩，占全国总耕地面积的六分之一。总人口1.68亿，农业人口1.46亿，每个农业人口占有耕地1.84亩，高于全国平均水平。

黄淮海平原自然条件优越，热量资源丰富（>0°C积温为4200～5500°C），无霜期为180～220天，光照充足（年日照为2800～2100小时），降水量为550～1000毫米，属暖温带半湿润季风气候。地势平坦，水、土资源比较丰富。此外，这里地处中原，工农业和交通发达，劳力资源充足，也是发展农业的有利条件。在水热资源和社会经济条件上，黄淮海平原优于我国北方其他地区，而光照和土地资源上又较我国南方诸地丰富。在我国农区中，在气候、水土、劳力资源及自然条件上占有明显优势。适于小麦、玉米、水稻、棉花等多种作物生长，可以一年二熟和二年三熟，是我国粮、棉、油、果和畜禽品的重要产区。据1985年统计资料，粮食总产量7350万吨，占全国粮食总产的19.4%，棉花235.7万吨，占56.8%，油料285.7万吨，占18.1%，肉类255.3万吨，占14.6%，温带果品占40%，社会总产值占20.1%。上面数字清楚说明，黄淮海平原在我国农业生产上占有重要的地位。但是，农业生产中也存在一些不利因素。在季风气候影响下，降雨集中，干湿季分明，加以地势低，径流不畅，以至干旱洪涝灾害频繁。土壤瘠薄，施肥水平低和尚有近1亿亩的低产土壤。这些不利因素严重地限制了农业生产的发展。加上农业结构不合理，多年来，农、林、牧、副、渔五业比例失调，林、牧、副、渔所占比例小，经济较脆弱，农民的收入还不够高，农业生产水平比较低，不能为国家提供较多的农副产品。

因此，如果采取有效措施，改造和排除这些限制因素，使本区的优越条件得以发挥，则产量可以成倍增加。再加上调整农业结构，促进农、林、牧、副、渔全面发展，贡献就会更大。所以说，黄淮海平原是一个具有巨大农业生产潜力的地区，治理和开发好这个地区对发展我国农业生产具有重大的战略意义。

建国以来，国家在这个地区投资250多亿元用于水利建设。黄、淮、海三大水系均开挖了一批骨干排水河道，排洪、排涝、排盐能力有了很大提高。更为重要的是，多年来治理的研究和实践，基本上揭示了这个地区旱、涝、盐碱的发生规律，已摸索到了一套较为有效的治理办法，为进一步科学治理提供了技术条件。

基于多年科学研究和生产实践，逐渐认识到黄淮海平原的两个基本特性：一是受季风气候影响，时旱时涝，时而风调雨顺，导致农业生产的不稳定性；二是受不同历史时期黄河等河流泛滥的影响，使地貌、土壤、地下水变化较大，形成地理景观的复杂性。因此，不能采取头痛医头，脚痛医脚和一刀切的办法，必须因地因时制宜地采取治水、改土、调整农业结构和良种良法等综合技术体系。

一、在防洪排涝的基础上，发展节水灌溉和重视旱地农业

黄淮海平原承受着黄河、淮河、海河三个水系的上中游，包括西北黄土高原、秦岭、伏牛山、太行山、燕山、沂蒙山等山区的来水来沙，而后注入大海。这些水沙由海拔千米以上的山区进入海拔仅数十米的平原，造成该地区农业生产中极其严峻的水文条件。每遇集中连续的暴雨，使大量农田和城镇被淹，损失惊人。黄河下游由于河床不断淤高，决口改道的潜在危险严重存在。据初步测算，如果在原阳一带决口，直接损失将在200亿元以上。洪涝对农业生产的危害往往是毁灭性的，一年受灾，几年难以恢复。确保排水系统的流畅，是黄淮海平原农业的生命线。许多地方，由于排水系统不配套，不能发挥应有的排水效益。海河治理后的1977年，河北省的受涝面积达3000万亩，形成大河不满、小河满，小河不满地里淹。近些年来，一些地方的农民为了扩大分种的责任田，填沟河平渠，出现“大河变梯田，小河变坡田，小沟成良田”的现象，这些现象一定要扭转，把现有排水系统配套好，维护好。

黄淮海平原不仅受洪涝威胁，水资源也不够丰富。海河流域，每亩耕地占有年迳流仅188立米，为全国平均值的11％。从长远看，须引调外来水以适应工农业发展的需要。但本世纪内则必须立足于当地水资源，实施适水种植，节水灌溉农业和旱地农业相结合的发展战略。

目前的情况是，一方面缺水，一方面水资源利用中又存在着很大浪费和污染。因此，狠抓科学用水，节约用水有着重大的现实意义。现在灌溉面积1.2亿亩，自流灌区渠系有效利用系数仅0.35左右。有的井灌区由于土地不平，单井出水量小，每亩每次灌水量也达70～80立米，机井利用率不过0.4～0.5。引黄灌区每亩年引水高达1000多立米，生产1公斤粮食要引水3000多公斤。为了工农业发展，必须实行节水灌溉，加强用水管理（改按亩收费为按量收费），广泛宣传，奖惩分明，树立节水惜水社会道德风尚。如果把自流灌区的渠系有效利用系数提高到0.45，净灌水定额压到每亩40立米左右，仅就现有水资源，扩大三分之一灌溉面积也是可能的。

黄淮海平原约有一半左右的耕地没有灌溉条件。在一个相当长的时间内，旱地农业仍占重要地位，对此应当给以足够的重视。

旱地农业就是在没有灌溉的条件下，充分利用天然降水的农业。黄淮海平原发展旱地农业的条件，首先是有500～1000毫米降水做为物质基础，其次是地下水位较高，作物生育期间还可以利用一部分地下水。旱地农业主要有三个环节：一是蓄水，二是保墒，三是适雨种植和选用耐旱品种。蓄水旨在建立土壤水库。平地围埝，深翻增施有机肥料，改良土壤结构，充分接纳雨水，起到“秋雨春用”、“春旱秋抗”的作用，以调节降水的不均匀性，达到充分利用雨水的目的。在此基础上，加强耕作保墒和研究使用塑料薄膜和秸秆覆盖，施用土壤结构改良剂等保墒措施，尽量减少作物耗水量。另外，适当压缩耗水耗肥作物，恢复和发展耐旱抗旱作物，在黄河以北的贫水地区，把一年两作改为两年三作，集中用水用肥，加强抗逆抗旱性强的品种的培育工作也是十分重要的。

二、改造培肥低产土壤，开辟有机肥源，综合治理低产田

黄淮海平原约有1亿多亩具有障碍因子的低产土壤，其中盐碱土约3690万亩，砂姜黑土2310万亩，沙土1800万亩，旱薄土3500万亩。

这些地区一般都有人少地多，土地后备资源较丰富，以及耕作管理粗放，生产水平低下等特点。这些障碍因子一旦被消除、削弱，其潜力即可发挥，农业生产可获大幅度增长。人少地多还赋予这里商品率高的特点，实践证明，只需措施得当每亩每年增收100公斤粮食是不难作到的。

黄淮海平原的盐碱土是在半湿润季风气候影响下形成的，治理的主要经验是，采用排灌平肥综合措施，进行旱涝盐碱瘠薄综合治理，达到农林牧副渔综合发展。首先疏浚河道打开排水出路，健全排水系统，在解决涝、渍问题的基础上，结合盐碱地植棉技术，提高生产能力。有了经济力量，逐步发展井灌，或井渠结合，平整土地，培肥土壤，旱涝盐碱基本可以解决。其次是进一步调整农业结构，使治理与开发并举，不断提高生态、经济和社会效益。

低产土特别是盐碱土的改良要立足于当地有利的自然条件，扬长避短。如豫北原阳县原武乡地处黄河背河洼地，水沙资源丰富，采取淤灌稻改结合和稻肥结合，使多年难以解决的洼涝盐碱地得到治理，人均粮食产量850公斤。又如鲁西北禹城试区，过去引黄漫灌，河道蓄水使地下水位提高，土壤盐渍化严重。后来改用当地良好的地下水资源，采取井灌井排和明沟排涝以及农业措施相结合，已把14万亩盐碱地改造成粮丰林茂的生产基地。特别是在冀鲁豫推广开沟躲盐、集中施肥、营养钵育苗等成套盐碱地植棉技术，对盐碱地改良与利用发挥了巨大的作用。

风沙土主要分布于豫东、苏北、皖北和鲁北等地，不仅难以耕种，而且风吹沙移给附近农田造成很大威胁。改造沙地，主要是植树造林，种草，固沙培肥，可种植耐温喜沙的沙打旺、金银花等先锋植物，有条件的可实行草果间作。如民权葡萄、砀山梨都是在风砂土上发展起来的，又如开封试区，在植树造林、打井灌溉、平地、培肥的基础上发展沙地适宜作物花生、西瓜，取得良好的经济效益和生态效益。

砂姜黑土多分布在淮北、豫南，耕层瘠薄，土壤物理性状不良，地下水位较高，雨后作物受渍严重，但浅层地下淡水丰富。这类土壤适于种粮，只需经过排涝培肥，就可大幅度增产。皖北蒙城试区采取井灌沟排调控地下水位，轮作套种绿肥培肥改土以及种植水稻等措施，粮食产量较治理前成倍增长。

近二十年来，由于片面强调种植高产作物，用地不注意养地，用养失调，耕作管理粗放，地力比较瘠薄。主要表现在有机质含量普遍低，缺氮少磷，有些地方微量元素也开始呈现短缺。多数地区农田施用有机肥料数量少，质量差，作物增产所需养料主要靠化肥维持。但从黄淮海平原广大地区来说，化肥用量仍属低水平，在这一地区增施化肥有着巨大的增产潜力。

要培肥土壤，必须增施有机肥。现在有机肥不足，关键在于秸秆量少且没有得到合理利用。目前农村的燃料、饲料及有机肥料大都直接或间接来源于秸秆，而低产条件下生产的秸秆有限，远不能满足这三料的需要。根据现有条件比较可行的办法：一是以无机肥促有机肥，即以适当增施化肥来提高产量，包括谷粒与秸秆；二是提高生物能转化

效率，发展沼气能源与提高肥效；三是从扩种棉花与薪炭林中获取燃料来源，以腾出秸秆还田，特别是通过家畜的过腹还田。这样可减少农业生态系统中氮的过量输出，使之纳入不断提高地力与产量的良性循环轨道上来。

本地区的农田，特别是盐碱土、砂姜黑土、沙土低产田速效磷含量普遍低于5ppm，据试验在一定施肥范围内，每增施1公斤标准磷肥，可增产粮食2～2.5公斤。磷肥用于棉花、油料作物的效果也同样显著。除了磷肥以外，土壤缺氮仍是这个地区的一个突出问题。冀、鲁、豫、皖四省部分县土壤普查表明，盐渍土区和风沙土区的缺氮面积占耕地面积的80%以上；砂姜黑土区土壤全氮含量稍高，但供氮强度偏低，同样存在缺氮问题，另外，还存在氮磷失调问题。因此，在这一地区增加化肥的投放量，特别是按比例均衡增施氮磷化肥，能迅速改善土壤养分状况，大幅度提高作物产量。积极推广科学用肥，把无机与有机肥结合起来，达到既增加产量，又培肥土壤的目的。

三、调整农业结构，开发农业资源，提高经济效益

农业结构的合理与否，直接关系到农业生产的发展。建国以来，黄淮海平原粮棉生产有较大发展。1980年粮食比1952年增产212亿公斤，平均每年递增率2.39%。“六五”期间增长更快，1985年比1980年增产粮食217.75亿公斤，年递增率达8%以上。但近几年来，则处于徘徊状态，随着人口增加和生活水平的提高，粮食供需矛盾日益突出。国家要求在本世纪末，本地区粮食增产250亿公斤，从国家需要和本地区的增产潜力来看，需要增产更多的粮食。因此，农业结构调整应从这一基本要求出发，以粮为主，全面发展。

在种植业内部构成上，主要是粮食与经济作物的关系问题。一些地区和县农业发展的战略是保持现有粮食产量，大力发展棉花、畜牧业和乡镇企业。后者的发展，需要建立在粮食不断增长的基础上，这就要理顺粮、经作物的比价，另外要理顺工、农业的比价，逐步减小工农剪刀差，使农民肯于向农田投入，同时要保证粮食应有的播种面积。黄淮海平原的自然条件适于种棉，可侧重在鲁西北、豫东、豫北、冀南、淮北等盐碱、贫水、苦水区大量发展，以棉促粮，提高单产，增加商品率。

长期以来，本地区的农业主要是种植业，实践证明，这是一个低产农业生态系统，已不能满足人民生活、生产的需要。从农业资源充分合理利用，讲求生产效率和经济效益出发，农林牧副渔应当综合发展。如黄河故道地区，在风蚀作用较重的土壤上植树种草是防风固砂、改良土壤、增加收入的好办法，当沙地条件逐步改善后，再实行农林间作。这方面已有成功的例子。如商丘地区现有农桐（条）间作342.6万亩，占总耕地的32%。宁陵县阳一乡及民权县谢庄等先后从1963、1964年开始在沙薄地上种白腊条和桐树，作为生物风障，后发展成为条粮、桐粮间作的稳产田，不仅采伐了大量木材和条子，粮食亩产也从原来的55～140公斤提高到1980年的旱地150公斤，水浇地300～400公斤的水平。黄淮海平原地区现有果园540万亩，占全国果树总面积的五分之一以上。传统的地方名特产果品有乐陵金丝小枣、新郑灰枣、肥城佛桃、宿迁水晶山楂糕、曹州耿饼（柿饼）、砀山酥梨及鸭梨等，如因地制宜的大力发展，不仅增加收益，且能增加森林覆盖率。位于黄河故道的砀山县树木覆盖率为21%，其中果树7.5%，每年沙暴天数已由50年代的17.8天降到70年代的0.9天。黄河故道的位置在黄淮海平原的中部偏南，

废河道本身及其支流和泛区就有沙荒地2 000万亩，可发展适于当地气候、土壤条件的多种果树种类。

对畜牧业的发展应给予足够重视，要立足于以农养牧、以牧促农的方针。畜牧业在农业总产值中的比重要在现有的10～15%的基础上，稳步提高到20%，30%，40%，这样才会给农业提供更多的资金和优质厩肥，经济收入才能大幅度提高。在畜群结构上，要大力发展以食草为主的牛、羊（半细毛羊、青山羊、奶山羊）、兔等，并引进瘦肉型猪和高产蛋鸡。目前畜牧业中存在的最大问题是草料不足，饲料单一，青绿饲草缺少，没有饲料加工业等，这些都直接影响了家畜数量的发展和质量的提高。因此，可利用部分低产地种植牧草，实行草田轮作，适当安排饲料基地，种植青贮玉米，氨化麦秸，沙荒发展沙打旺。棉子饼是营养价值很高的蛋白质饲料资源，生产量大，应提倡经脱毒后过腹还田。发展配合饲料工业，按不同畜禽营养需要制成全价饲料，改变目前有啥喂啥的低饲养水平。建立畜禽良种场与配种站，开展人工授精，并重点做好猪和鸡的防疫工作，把畜牧工作提高到一个新水平。

黄淮海平原经过农业结构的调整，在大力发展粮、棉、油和畜牧业，适当扩大果、林和水产业，建成粮、棉、油、果、肉、鱼和优质烤烟等商品生产基地是大有发展前途的。

四、改良推广作物良种，改进作物栽培技术

有计划地更新作物良种是一种投资小、见效快、效益高的基本增产措施。它对于提高作物产量，改善品质，调整农业生产结构，增强对自然灾害的抵御能力，都有重要作用。过去，黄淮海平原中低产地区，作物品种比较混杂，产量低，耕作栽培技术粗放，针对这一情况，近年来，特别是“六五”期间，有关农业科研、推广单位十分重视这一工作。80年代在河北、山东推广了小麦品种丰抗号共达1000多万亩；中单2号杂交玉米，累计推广面积2亿亩，效益达15亿元；中棉10号、中棉12号棉花良种各推广面积达1000万亩。这些优良品种对当地粮棉的增产起了重要作用。

为了充分发挥良种的增产效果，今后除了要继续不断选育、推广优良品种外，对生产、经营中出现的乱推广、乱繁、乱制、以假冒真、以次充好的现象应采取严格管理措施，未经审定的品种，不得推广。要尽可能建立3～5年一换种的制度，以充分发挥优良品种的经济效益。

有了良种，再加上配套的栽培技术，就可以收到更大的增产效果。近几年，在耕作栽培方法的改进上，也取得很大成绩。如70年代末和80年代初推广应用小麦叶龄促控栽培技术，面积达4700万亩，增产粮食11亿公斤。盐碱地植棉技术研究，在摸清盐碱地棉花缺苗、晚发迟熟等低产原因的基础上，提出了八项增产措施。如在商丘县谢集乡万亩盐碱地棉花亩产由47.3公斤提高到75～80公斤，已在全商丘地区推广45万亩。夏大豆营养生理及高产栽培技术研究，提出七项配套栽培技术，在山东巨野高产示范2.5万亩大豆,产量从46.8公斤增加到130公斤。油菜防冻保苗高产栽培技术在推广中取得经济效益2亿元。

针对黄淮海平原的不同地区和不同条件，实行地膜覆盖系列化高产栽培技术，可使多种作物提早成熟5～10天，增产30～50%，有效地促进了作物产量和质量的提高。为

进一步开发新的栽培领域，应有效地解决地膜残留及综合防治病害等问题，努力帮助农民提高操作技术，积极研制配套机具，开发高强度、耐老化、低成本、多功能的地膜新产品，更好地发挥地膜覆盖的增产效果。

建国以来，针对黄淮海平原的自然特点和农业生产上存在的问题，中国农业科学院有关专业所做了大量试验研究和推广工作，取得很大成绩。“六五”期间又在过去工作的基础上，进一步组织起来，发挥各专业的特长和优势，协作攻关，与当地相互密切配合，进行黄淮海平原农业综合治理和综合开发研究。黄淮海农业发展研究已列为院的一项长期重点研究项目。研究目标是：改良利用中、低产田，综合治理旱涝盐碱瘦，合理调整农业结构，充分发挥本地区自然资源优势，挖掘增产潜力，为实现农林牧副渔全面发展，建设粮、棉、油、果、肉等基地提供科研成果和技术措施。

1983～1985年中国农业科学院承担了国家重点攻关项目——黄淮海平原中低产地区综合治理综合发展项目，全院共组织十六个专业研究所（室），包括土肥所、灌溉所、作物所、棉花所、农经所、区划所、品资所、郑州果树所、畜牧所、兰州畜牧所、农业气象室、养蜂所、油料所、麻类所、蚕业所、植保所等和两个试验站（河南商丘试验站和山东德州试验站），共有137人参加。在“六五”国家重点攻关项目中取得了大量研究成果，获得部、省、院级和三委一部表彰和奖励多项，试验区的经济效益达4107.9万元，示范区1.9亿元，扩大示范区3.44亿元。这些科研成果对黄淮海平原的治理和开发具有重要作用。

“七五”期间，我院继续承担国家该项重点研究项目，全院组织了19个专业研究所，有近二百名科研人员参加。最近，中央又决定建设农业发展基地，重点是黄淮海平原和三江平原，要求在本世纪末黄淮海平原要增产250亿公斤粮食。为了总结推广已取得的经验和成果，在今后黄淮海平原农业发展建设中做出更大贡献，现将我院科技人员在黄淮海平原多年试验研究工作中所积累的大量资料和取得的研究成果，编写成书。本书的主要特点是理论与生产实践相结合，所取用的素材多数来源于试验研究结果和生产实践，因此，它具有较强的科学性、系统性和实践性。编写过程中既重视了基础理论的阐述与探讨，也注意了具体技术的介绍与分析，对今后黄淮海平原的治理与开发，具有一定的指导和参考价值。

第一章 黄淮海平原农业气候和农业气象灾害

第一节 农 业 气 候

一、农业气候特点

1.气候的形成

影响黄淮海地区气候的因素主要是太阳辐射、季风环流和地理条件。太阳辐射热是天气气候的动力，季风环流打乱了辐射热的带状分布，地形等地理条件又进一步的改变了热量的时空分布，总之，它们互相制约、互相影响，决定了本地区的天气气候。

本地区处在北纬32°～40°，这个纬度不仅决定了一年四季太阳高度角的变化情况（本区正午太阳高度夏至日78°38′～81°18′，冬至日26°46′～34°26′，春、秋分日50°12′～57°52′），还决定了一年四季昼夜长短的变化情况（本区昼长夏至日14～15小时，冬至日9～10小时，春、秋分日12～12.5小时），从而，决定了黄淮海平原一年四季太阳辐射总量。

本地区位于我国东部，属西北高东南低的大平原，该平原的西部和北部为广阔的欧亚大陆，东部为浩瀚的太平洋，水、陆的热力学特征形成了地球上最强盛的温带季风环流。冬季受蒙古高压或西伯利亚高压控制，多吹强劲的偏北风，干燥寒冷；夏季受太平洋（或副热带）高压影响，多吹东南风，温暖湿润，这种季风是控制我国东部气候变化的重要原因。

2.气候季型和季节的划分

气候分类是了解某一地区的气候资源，调整农业生产结构，发展国民经济的重要依据。我国气候学者以农、林、牧为主要对象，以分析各地气候特征及形成过程为原则，以热量和水分状况为主要标准，作出了我国气候带的划分。本地区是属于温带季风盛行的半湿润和半湿润易旱的气候类型，夏季气温高，降水多，冬季气温较低，降水较少。

划分季节的目的在于揭示气候在时间上的变化规律。天文上划分季节的方法，一种是以季节的天文因素为依据（即以地球绕太阳运行在公转轨道上的不同位置，引起地面上不同地点在同一时刻太阳高度和昼夜长短不同为依据），它把“四立”（即立春、立夏、立秋、立冬）作为四节之起点，而以“二分”（春分、秋分）、“二至”（夏至、冬至）为四季之中点。另一种是以历法的安排方便为出发点，以阴历1、2、3月为春季，4、5、6月为夏季，7、8、9月为秋季，10、11、12月为冬季。也有以阳历3、4、5月为春季，6、7、8月为夏季，9、10、11月为秋季，12、1、2月为冬季，仍是每3个月为一季。这后一种季节划分方法，虽嫌粗略，但已经综合考虑了季节的天文情况和气候情况，能反映出同一季节基本相同的气候特征，较前两种方法好，而被人采用。

上述季节划分方法，好处是时间长短大致相同，便于统计计算，缺点是过于机械，

季节的气候特征不显著，对农业生产的指示性不强，在实用上有一定的局限性。

根据一个地区实际的气候变化情况划分季节，就是气候上的季节划分。四季气候变化最突出地表现在气温的变化上，而温度变化对人类活动及作物生长有很大影响。因此，气候上常以候（5天为一候）平均气温变化为指标划分四季，将候平均气温小于10°C的日期定为冬季，大于22°C的日期定为夏季，10～22°C为春季和秋季。根据这个指标，本地区四季起止和日数如表1-1。

表1-1　黄淮海平原各季起止日期及日数

（用候平均气温≥22°C为夏季，<10°C为冬季，10～22°C为春、秋季）

季节 地区	春季			夏季			秋季			冬季		
	初日	终日	日数	日 初	终日	日数	初日	终日	日数	初日	终日	日数
北部地区	4月上旬初	5月下旬初	50～60天	5月下旬末	9月上旬初	95～105天	9月上旬末	10月下旬末	50～60天	11月上旬初	3月下旬末	140～150天
南部地区	4月上旬初	5月中旬末	50～60天	5月下旬初	9月中旬初	105～115天	9月中旬末	1月中旬初	50～60天	11月中旬末	3月下旬末	130～140天

由上说明，本地区气候四季分明，冬夏季长（各4个月左右）春秋季短（各2个月左右），冬长于夏，春略长于秋。

3.黄淮海平原的四季气候特征

冬夏季风的交替，深刻地影响着本地区的气候变化。其特点是：春季干旱多风，夏季高温多雨，秋季天高气爽，冬季寒冷干燥，四季分明，日照充足，雨量适中，但降水季节变化大。

春季，为冬季和夏季的过渡季节。气温回升快，但不稳定，冷暖无常。降水逐增，但年季变化大，春旱春涝常有发生。北部以春旱为主，南部以春涝为主，并有寒潮、大风、晚霜冻和冰雹等灾害性天气出现。

夏季，常受东南海洋暖湿气流影响和控制。气温高，气候炎热。6月下旬开始由南向北进入雨季，降水集中，降水强度大，常有暴雨天气，酿成洪涝灾害。当雨季来得迟或结束得早时，常有初夏旱和伏旱发生。

秋季，是夏季和冬季的过渡季节，降温迅速，日较差大，雨水少，日照长，多秋高气爽天气，有的年份夹秋旱，有的年份则秋雨连绵。前者影响晚茬整地秋种，后者影响晚秋收获。晚秋冷空气侵入后，可发生早霜冻。

冬季，常受北方大陆干冷空气的侵袭和控制，气候寒冷，雨雪较少，晴朗天气多，盛行偏北风。有些年份有短时河流封冻现象。

二、农业气候资源

1.光照资源

植物正常生长发育需要一定的环境温度（气温和土壤温度），同时，需要光照作为绿色植物同化CO_2合成有机物的能量。因此，太阳辐射的强弱和光照时间的长短及它们的时空变化是一种重要的农业气候资源。

（1）年总辐射的地理分布及年内变化　本地区年总辐射量每平方米为76.76～97.70瓦，有由南向北、由西向东逐渐增大的趋势。黄河以北年总辐射都在每平方米83.74瓦以上，其中鲁西北和冀东地区，由于该区东、东南和西部分别受泰山山脉和太行山山脉所阻，使得夏季东南季风和西南季风的潮湿空气不易进入，即使越山而过的潮湿空气在这一地区下沉增温，水气也不易凝结成雨，晴天日数大，故此形成了一个以沧州～德州为中心的高辐射区，超过每平方米90.71瓦。

总辐射年内分布受四季变化和昼夜长短所左右，以夏季最长，春季比秋季大，冬季最小。春季（3～5月）总辐射变化在23.03～29.31瓦／米²，占年值27～32%；夏季（6～8月）25.82～30.01瓦／米²，占年值32～35%；秋季（9～11月）18.05～19.54瓦／米²，占年值21～22%；冬季（12～2月）11.86～13.96瓦／米²，占年值15～17%。其地理分布同年总辐射量，由南向北，由西向东逐渐增加，呈东北大西南小的分布形势。

（2）年日照时数地理分布和年内变化　本地区年日照时数北部为2800小时，向南逐渐减少至2200小时左右。河北和鲁西北日照条件最优，大部分地区在2600～2800小时，个别地区如沧州高达2900小时。苏北和皖北地区年日照时数为2200～2500小时，河南的南部地区小于2200小时，这是因为该地区阴天日数和雨日多的缘故。

日照年内分布特点为夏季最多，春季次之，秋季比冬季多。夏季本区日照时数在年650～750小时，占年值29%左右，其分布趋势不明显；春季日照时数550～750小时，占值24～28%；秋季日照时数500～650小时，占年值23%左右；冬季日照时数450～600小时，占年值20%左右。春秋冬三季日照时数的分布都是北大南小。

本地区日照条件比江南地区优越，尤其3～5月要比南方多300～400小时，多雨的6～8月也比南方多100～200小时。春季日照条件好，气温回升快，相对湿度低，麦类作物光合效率高，病害少。7～8月光、热、水同季，在灌溉条件好的地方，充分发挥光资源的作用，作物的增产潜力很大。9～10月雨日少，日照足，有利于棉花吐絮成熟和提高作物的品质。

（3）主要作物光温生产潜力及地理分布　黄淮海平原光资源丰富，按照5%的太阳有效生理辐射估算出该区的“最大光合生产力”，从理论上展示出光资源的潜力是很大的。

现阶段，在光合作用量子效应和生理有效辐射较为固定的情况下，在作物呼吸作用较大而吸收能力较小的情况下，如果作物种群配置适当，并使水分、矿物质营养等主要条件相宜，本区所能展现出的光温生产潜力（光、热配合的生产潜力）是令人鼓舞的。现根据得维特（Dewit）最大生产力计算式，概算出本平原主要作物光温生产潜力（如表1-2）。从表1-2看出，黄淮海平原光热资源丰富，各种作物的光温生产潜力都较大；大部分地区全年光温生产潜力在1000公斤／亩以上。

光温生产潜力虽然低于理论上的“最大光合生产力”，却具有现实的生产价值。表1-2所列数值是各地气温、光照等气候因素的多年平均值的估算值，虽然气候因素有年际变化，但光温因素变化不大，最大生产力变幅小，产量就比较稳定。

光温生产潜力的地理分布受太阳辐射所左右。本平原各种作物的光温生产潜力，一般是北部比南部稍大，最大值出现在鲁西北和冀东地区。

2.黄淮海平原热量资源

热量状况是最主要的气候特征，通常用各种界限温度或各种温度指标来描述；热量

表1-2　黄淮海平原光温生产潜力（单位　公斤／亩）

地名 \ 要素 \ 作物		冬小麦	春玉米	夏玉米	高粱	春谷	夏谷	水稻	棉花
北　京	光温生产潜力	582	708	458	583	513	401	624	191
	降水生产潜力	235	543	451	503	462	399	259	146
沧　州	光温生产潜力	550	730	528	605	529	416	613	196
	降水生产潜力	222	552	497	513	454	404	249	131
石家庄	光温生产潜力	540	703	504	593	510	399	593	189
	降水生产潜力	267	455	457	441	405	389	220	125
德　州	光温生产潜力	540	701	512	582	515	405	596	191
	降水生产潜力	242	448	482	474	429	394	218	112
荷　泽	光温生产潜力	583	687	479	582	513	395	565	193
	降水生产潜力	353	338	461	423	373	370	232	149
徐　州	光温生产潜力	561	656	459	556	494	384	549	184
	降水生产潜力	471	505	457	494	467	383	347	164
蚌　埠	光温生产潜力	488	585	450	539	482	376	502	181
	降水生产潜力	431	573	441	480	435	371	317	160
安　阳	光温生产潜力	579	676	494	565	498	391	579	165
	降水生产潜力	233	428	465	459	423	383	247	122
商　丘	光温生产潜力	571	678	474	574	507	396	563	189
	降水生产潜力	467	410	452	443	429	373	239	150

又是一种极其重要的自然资源，是农、林、牧、渔业生产的重要环境因子。它不仅影响自然地理的状况，还是评价土地的能量资源和衡量自然生产力高低的重要依据。

(1)黄淮海平原气温的一般特征

①气候温和。冬季气温不太低，最冷月平均气温由北向南从－5°C升到2°C,南北相差7°C左右；多年平均极端最低气温－19～－8°C，南北相差11°C。多年平均极端最低气温－16～－18°C以上的地区，以种植强冬性品种为宜；极端温度－16～－12°C的地区以种植弱冬性品种为宜；极端温度高于－12°C的地区可种植春性品种，总之，冬季气温能保证冬小麦安全越冬。夏季热量丰富，全区最热月平均气温26～28°C，南北相差仅2～3°C,可满足喜温作物（棉花、玉米、大豆、薯类等）生长的要求。

②春季气温回升迅速，秋季降温快为本地区气温的又一特点。入春以后气温迅速上升，5月份与3月份的月平均气温之差由南向北是11.5～15.5°C，比长江中下游、华南和西南地区大，此时正是冬小麦进入生殖生长和产量形成阶段，也是大春作物播种阶段，抓紧农事活动对于充分利用热量资源有着重要意义。春末夏初气温高，湿度低，大风多，常有干热风发生，影响冬小麦籽粒灌浆，造成减产，此时若加强肥水管理或选育抗逆性强

的早熟品种，则是小麦稳产高产的重要保证。

秋季降温迅速，一般在9月中旬气温降至20°C以下（喜温作物的安全成熟的下限温度指标）；10月和8月的月平均温度差由南向北是10.5～12°C。秋季降温快，至使大秋作物籽粒成熟阶段常受低温为害，并使一年两熟的地区常出现夏播和秋收两头忙的紧张局面。

(2)黄淮海平原的热量条件　农业气候指标温度，是指在当地气候条件下，农业生产对气温条件的要求和反应的数值。即能够指示农业作业的温度。

温暖期：日平均气温稳定>0°C的时期称为温暖期，>0°C开始日期表示冬季已过，土壤解冻；≥0°C终止日期表示土壤开始冻结，田间耕作终止。本地区温暖期平均初日由北至南是3月1日～2月10日，南北相差18天；温暖期终日在11月26日～12月29日，南北相差30天以上。初终期持续日数270～330天。

生长期：日平均气温稳定通过5°C的时期称为生长期。≥5°C初终日期与冬小麦等越冬作物和多数木本植物的萌发一停止生长相一致。本平原平均初日由南向北在3月6日～3月22日，南北相差16天；平均终日由北向南在11月12日～11月29日，南北相差17天，初终期持续日数236～268天。

生长活跃期：日平均气温稳定通过10°C的时期称为生长活跃期，此时大多数农作物和果木处于积极生长状态。本平原生长活跃期的平均初日由南向北在4月1日～4月7日，南北相差 6 天；平均终日由北向南在10月23日～11月12日，南北相差19天。初终间持续日数200～227天。

喜温作物适宜生长期：日平均气温稳定高于15°C的时期，是喜温作物（如棉花、水稻等）的适宜农业气候温度指标，本平原平均初日在4月14日～5月3日，终日在10月3日～10月19日，初终持续日数170天左右。

积温（累积温度），就是通常所说的活动积温，它是指作物的某一生育期内高于其生物学下限温度的实际日平均气温的总和。农业活动中，除用活动积温外，还常用到有效积温（日平均气温与生物学下限温度之差的总和）。作物的某一发育阶段或全生育期所要求的有效积温是比较稳定的，它接近一个常数。因此，积温又能比较确切地反映作物的发育阶段，分析某品种农作物成熟的可能性，成为鉴定农作物热量条件的重要指标。

黄淮海平原≥0°C积温4500～5500°C，≥10°C积温4100～4900°C，除北部少部分地区外，热量条件均可满足一年二熟的种植。由于四周地形影响，本地区热量条件比同纬度的山西、陕西优越，如安阳≥10°C积温为4535°C，同纬度的洛川仅3268°C，前者比后者多1200°C以上；石家庄≥10°C积温为4434°C，同纬度的太原仅3426°C。

该区积温空间分布总趋势是，自北向南和自东向西逐渐增加，沿海热量条件略低于内地，燕山和太行山山前平原热量偏高。≥0°C积温4600°C的等值线沿燕山、军都山、五台山和太行山东南麓通过，将本地区明显地划属于一年二熟的地区（见图1-1）。此线向东，收麦至种麦期间的积温由2200°C增至3300°C左右，从北向南可以种植早熟、中早熟、中熟等大春作物品种。种植夏大豆的热量条件优越，是良好的夏大豆基地；在有灌溉条件的地区，种植特早熟棉花“中棉十号”，能获得每亩50公斤以上的好收成，是麦棉两熟较理想的地区。

本地区积温的年际变化大，≥0°C积温的年际变化值在±200～250°C左右。由于热量的年际变化，使一个地区在不同的年份出现不同的热量类型。如京津地区，根据早春气温变化特征分为春暖年、春寒年、倒春寒年和春正常年（见表1-3）；根据秋季气温变化特征及其对大秋作物籽粒灌浆的影响，把秋季划分为秋暖年型、秋冷年型和秋正常型。京津地区8月下旬至9月≥0°C积温为850±20°C，正常年秋季积温850°C占统计年的41%，秋冷年占统计年的24%左右，秋暖年占统计年的35%。农业生产可以根据不同气候年型采用相应措施，以便充分利用气候资源，克服不利因素影响，从而获得好收成。



图1-1　黄淮海平原大于0°C积温分布图

初冬霜日期和无霜期：秋季发生的第一次霜称为初霜或早霜，春季最后一次发生的霜称为终霜或晚霜，终霜到初霜之间的时期称为无霜期。本地区平均初霜日由北向南为为10月12日～11月6日，南比北推迟24日；平均终霜日4月17日～4月5日，南比北提早13日；无霜期由北向南从177天增至220天。终霜日、初霜日与日平均气温稳定通过10°C初日、终日的时期是很相近的，可以认为终霜日就是喜温作物（如玉米、棉花和水稻等）生长期开始之日，初霜日就是喜温作物生长结束之日。

表1-3　京津地区早春不同类型年热量特点　　（引自韩湘玲）

春季型类	代表年	旬平均气温（°C）				界限温度开始日期（/月）		
		下/2	上/3	中/3	下/3	0°C	3°C	5°C
春暖年	1973	−0.8	2.3	5.3	8.7	21/2	7/3	15/3
春寒年	1970	−6.2	−3.0	−0.2	4.8	23/3	15/3	21/3
倒春寒年	1976	1.5	2.9	3.1	3.8	22/2	24/2	29/3
春正常年	各年平均	−2.4	0.5	3.7	6.5	5/3	16/3	23/3

所以终、初霜之日和无霜期长短决定了热量资源的利用价值，是重要的农业气候热量指标。无疑，本地区的无霜期较长有利于农业生产。

无论是初霜日还是终霜日年际变化都很大。初霜最早出现日与最晚出现日相差3天以上，个别地区如天津和信阳相差长达56天。终霜最早出现日与最晚出现日相差50天以上，个别地区如安阳和商丘相差长达65天。无霜期年际变化大，最长日与最短日相差1

个月以上，对农业生产不利。

本地区霜或霜冻的发生与寒潮有关，尤其是初霜，全部都是在强冷空气南下之后，地面散射辐射强烈失热产生的。

3.黄淮海平原降水资源

水分状况是最重要的气候特征，也是重要的自然资源，它和热量一起，决定着自然生产力的高低和自然条件的优劣，影响着农业生产的丰歉稳否。

(1)降水的一般特征

①降水量地理分布。黄淮海平原属半湿润地区，年降水量500～1000毫米不等，可满足一季旱作需要。由于季风、海陆远近和地形的影响，降水量自南向北，自东向西减少，中间有个相对少雨带（见图1-2）。

黄河以南年雨量在600毫米以上，其中淮北平原超过800毫米，降水丰富，变率小，灌溉用水充足稳定，但在地下水水位较高的地区，旱季常有土壤表层盐渍化，海河平原是一个相对少雨区，年雨量600毫米以下，献县—衡水—南宫一带,年雨量不足550毫米，地下水盐碱浓度较高，缺乏灌溉条件，是黄淮海平原旱涝盐碱灾害威胁最大的地区。河北东北部，包括北京地区在内，以及安阳—新乡一带，年雨量在600毫米以上，降水虽然稍多，但变率大，旱涝灾害仍然频繁，低洼地带仍有盐碱土分布。

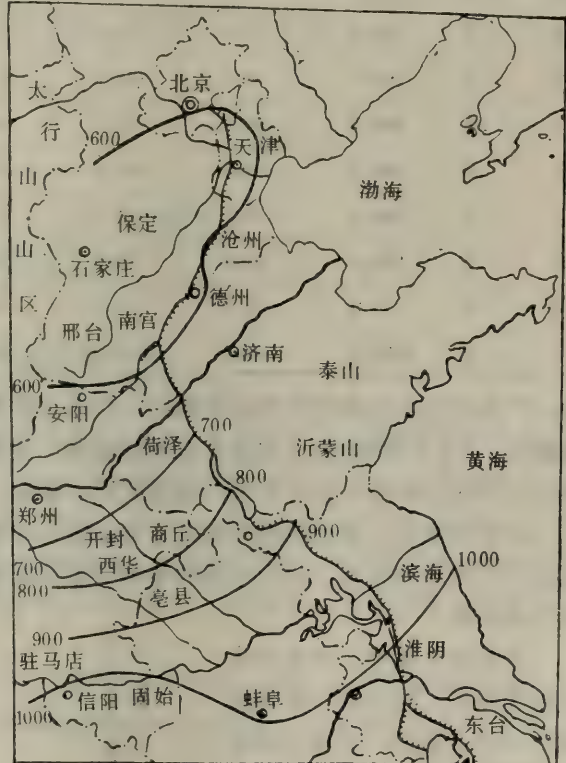


图1-2　黄淮海平原年降水量分布图

②降水量季节分布。本地区冬、春、秋三季少雨，夏季雨量集中为其气候特征。黄河以北地区作物生长季的降水量大都超过年降水量的90%，其中夏季的6、7、8三个月就占65%以上；京津地区雨量最为集中,生长季和6、7、8三个月的降水分别高达95%和74%。秋、冬、春三季降水量还不到年降水的35%，绝对值不足200毫米，个别地区如南宫—衡水—献县一带则在150毫米以下（见表1-4）。

降水集中于夏季，对喜温喜水的大秋作物有利，但对冬小麦的灌浆成熟不利。在盐碱土地区，夏季降水多，下渗量大，可使土壤发生淋洗脱盐作用，秋、冬、春三季少雨，盐随水上升，易使土壤表层盐渍化。

在夏季，本平原有两个气候上的少雨阶段，即6月中下旬的初夏旱和7月下旬到8月上旬的伏旱。初夏相对少雨是青藏高原东侧广大地区的一个特殊气候现象，伏旱少雨是与华东、华中的伏旱少雨相联系的，是我国伏旱区的北部边缘。本平原初夏旱是普遍

表1-4 降水量季节分布（1951～1980）

地点＼季节	全年 毫米	春播作物生长季 (4～10月)%	秋播作物生长季 (10～5月)%	春季 (3～5月)%	夏季 (6～8月)%	秋季 (9～11月)%	冬季 (12～2月)%
北京	644.5	95.6	16.2	9.5	74.9	13.6	2.0
天津	569.9	95.0	18.4	10.2	74.0	13.6	2.2
沧州	630.6	94.9	18.3	10.0	74.1	13.6	2.3
石家庄	549.9	92.1	24.4	12.8	64.9	19.6	2.8
邢台	555.2	92.0	24.3	11.9	66.6	18.5	3.0
南宫	508.2	91.4	24.3	11.2	67.7	17.7	3.4
德州	590.1	93.0	22.7	11.7	69.2	16.4	2.7
安阳	606.3	90.0	26.1	13.4	64.5	18.9	3.2
荷泽	680.8	90.0	27.5	14.9	61.3	19.9	3.9
徐州	868.1	85.7	33.7	18.1	55.5	18.5	5.9
蚌埠	905.4	80.8	39.5	22.1	51.6	17.5	8.6
商丘	711.9	86.8	32.6	18.4	56.0	19.7	5.9
信阳	1108.5	80.6	45.0	26.2	46.6	18.5	9.1

的，严重区发生在河北的黑龙港地区，伏旱主要发生在淮北平原。6月下旬正是春玉米抽穗期，7月下旬和8月上旬是夏玉米抽穗期，玉米抽穗期需水量最多，约占全生育期的36%，因而这时期干旱对玉米产量有明显的影响。

③降水强度。单位时间内的降水量影响着降水的利用价值。降水强度过小，不能满足生产对降水的需求，过大过猛的降水又来不及被土壤和植物吸收，并易造成水土流失或洪水灾害。

由于降水集中，本地区降水强度较大。最大的一次降水量是1631.1毫米，出现时间是1975年8月4日～8日，出现地点是河南省西部板桥水库附近的村庄。

日降水强度以海河平原最大，35处绝对最大强度为每日218毫米，其中临洛关每日431毫米（1924年7月15日），邢台每日307毫米，安阳每日264.4毫米，北京每日318毫米，唐山每日332.5毫米。黄河下游地区较小，19处的绝对最大强

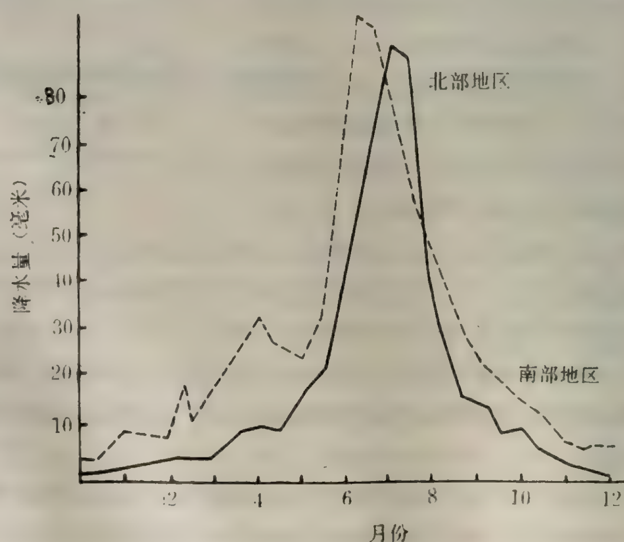


图1-3 多年平均旬降水量

度平均为每日136.2毫米，其中惠民最大也只有每日197.2毫米。淮北平原绝对最大降水量次于黄河以北地区，一般在每日150毫米以上。

一小时最大降水强度多在30毫米以上，如北京为75.3毫米，天津77.8毫米，石家庄64.5毫米，保定84.3毫米，开封和郑州都在50毫米以上。10分钟内的最大降水量北京为31.7毫米，天津为29毫米，石家庄为45毫米。

本地区降水强度变化趋势，从月份上看，1～7月逐渐增大，以7月最大，在200毫米以上；8～12月又逐渐减小，以12月为最小，在20毫米以下；从季节上看，以夏季（6、7、8月）为最大，在400毫米以上，春（3、4、5月）秋（9、10、11月）次之，在100毫米左右；冬季（12、1、2月）最小，在20～50毫米。

④降水变率。降水变率是实际降水量与同一时期内平均降水量的均方差在平均降水量中所占的比例。降水变化大，则水旱灾害多，农业不易稳产高产。

降水变率：$Cr=\frac{S}{\overline{X}}$

平均标准差：$S=\sqrt{\frac{1}{n-1}\left[\sum_{i=1}^{n}x_i^2-\frac{\left(\sum_{i=1}^{n}x_i\right)^2}{n}\right]}$

式中：$\overline{X}$——累年平均值；n——表示资料年数

Xi——表示号为1、2……n-1，n的历年平均值

黄淮海平原大多数地区年降水变率为0.25～0.38，仅次于西北，是我国降水变率较大的地区。其分布趋势与降水量分布相反，即南部和东部地区变率小，北部和西部地区变率大。多水年与少水年的降水量相差2～3倍，最高达7倍，以北京为例，自1841～1980年有雨量记录的110年，平均年降水量642.6毫米，平均年变率0.38，其中1891年出现年降水量最小值168.5毫米，1959年出现降水量最大值为1406毫米，两者相差1237毫米之多。

各季降水变率以冬季最大，春季次之，秋季比夏季大。对冬小麦有重要影响的春季降水变率，一般在0.7～1.0间，即该时期的降水量年际变辐大，偏差是多年平均值的一倍。

降水强度和降水变率都是用来表示降水特性的。本地区降水强度大，降水变率也大，所以旱涝灾害频繁。

（2）农业水分条件

①降水量保证率：降水保证率是一定数值降水量所发生的机会频率，也就是降水量到达某一等级的可靠程度。农业生产中，不同作物的不同生育期对降水量都有严格要求，而该时期不同等级的降水保证率就提供了作物所需水分供应程度的指标。

黄淮海平原春季（4月）暖湿气团北伸，并伴有冷空气南下，天气变化巨烈，降水明显增多，50％的降水保证率由北向南是20～80毫米；但因春季气温回升快并多大风，蒸发大，水分供不应求，常发生春旱。夏季（7月）受暖湿气团的影响和控制，是全年降水量最集中的季节，也是暴雨出现次数最多的时期，100毫米以上的降水保证率在80

～90%，200毫米以上的降水保证率在40～50%，300毫米以上的降水保证率在10～20%。秋季（10月）在分裂小高压控制下，多秋高气爽天气，50%降水保证率由北向南是20～50毫米之间；80%的降水保证率由北向南是10～30毫米。冬季在强大的蒙古冷高压控制下，天气晴朗，降水很少，50%降水保证率为20毫米，80%降水保证率为10毫米左右。

②可能最大蒸发量：可能最大蒸发量相当于足够大的水面最大蒸发量，在农业气候统计计算中，这个量乘以一定的比例系数，即可得农田需水量。

可能最大蒸发量地理分布特点是，鲁西北和冀东为一高值区。由此向北向南逐渐递减。①黄河以北年可能最大蒸发量大部分地区在950毫米以上，以沧州一德州为中心的高值区年值超过975毫米。燕山和太行山山前平原年可能最大蒸发量950毫米以下，其中河北北部不超过925毫米。②黄淮海平原年可能最大蒸发量在950毫米左右，其中豫北、豫东和鲁西南地区在950～975毫米间。③淮河流域和江苏沿海地区，年可能最大蒸发量925毫米左右。

可能最大蒸发量的季节分布受太阳辐射年内变化所左右，以夏季最大、春季比秋季大为其气候特征（见表1-5）。

表1-5　黄淮海平原可能最大蒸发量季节分布

季节 地名	全年 （毫米）	秋播作物生长季 （10～5月） 占年%	春播作物生长季 （4～10月） 占年%	春季 （3～5月） 占年%	夏季 （6～8月） 占年%	秋季 （9～11月） 占年%	冬季 （12～2月） 占年%
北京	932	49.6	82.7	33.4	41.3	17.1	8.2
沧州	1059	48.6	85.0	33.0	42.0	18.0	6.9
石家庄	909	47.4	84.3	32.8	43.4	17.2	6.5
南宫	1025	48.8	83.8	33.8	42.4	17.1	6.7
德州	1020	48.7	84.3	33.6	42.7	17.6	6.6
安阳	960	48.3	83.2	32.6	42.7	17.6	7.0
荷泽	970	47.5	82.8	31.0	43.5	18.0	7.4
商丘	977	47.7	83.3	29.6	45.0	18.5	8.4
西华	942	47.4	81.1	28.6	44.0	18.9	8.8
徐州	968	48.7	81.3	30.2	42.1	19.3	8.3
宿县	956	47.3	81.6	28.6	43.2	20.0	8.2
东台	880	46.6	81.3	27.1	43.5	20.7	8.7
信阳	940	47.0	80.9	27.3	43.9	19.8	8.9

年可能最大蒸发量变率都比较小在0.05～0.07间，其空间分布不明显，仅南宫一衡水、德州一临清、商丘一西华稍大超过0.07。各季的变率也很小，仅冬季较大为0.2～0.35外，其他各季都小于0.15。蒸发量变率比之降水变率小得多，说明农田需水量在全生育期和各生育阶段都比较稳定。

③降水蒸发差：可能最大蒸发量的年际变化与降水量的年际变化之间存在着一定反

相关，一个为正距平时，而另一个往往为负距平（见图1-4），两者的相关系数北京为0.76、德州为0.63、商丘为0.6、固始为0.63。因为，降水多的年份日照时数少，下垫面接受的太阳辐射少，由辐射因子和动力因子决定的可能最大蒸发量也小。所以，可能最大蒸发量与降水量在多年变化中往往是不同步的。

降水量与蒸发量的差值在一定程度上反映一个地区的水分盈亏。黄淮海地区多年平均降水蒸发差的分布，在鲁西北和冀东为一个-400毫米的高值中心，表明这里严重缺水，土壤易于盐渍化，影响作物正常生长。由此中心向北向南逐渐降低，河北北部和黄淮海平原均小于-300毫米。降水蒸发差的零线位置在淮北平原的驻马店——蒙城——睢宁一线，说明这里雨水丰盛，发生旱的情况少，发生涝的情况多。

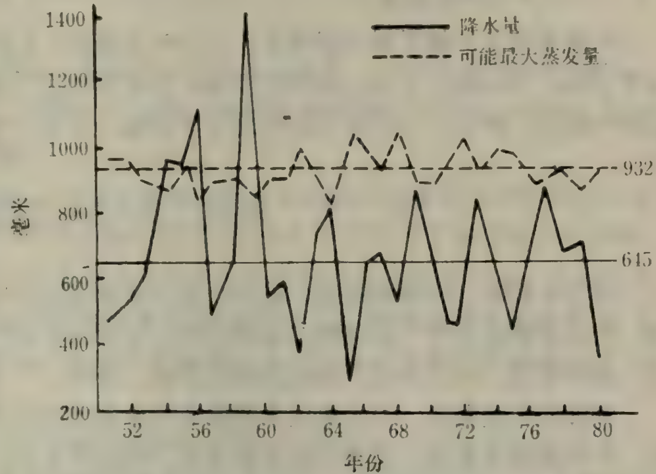


图1-4　北京历年降水量与可能最大蒸发量

本地区降水蒸发差的月季变化，7月全区和8月大多数地区，降水丰富，降水蒸发差为正值，以平原中部的河北献县——衡水——南宫一带和河南开封——商丘——西华一带的差值最小，小于50毫米，这一地区因降水蒸发差变率大，常有伏旱发生；由此向南向北逐渐增大，到河北北部和江苏北部沿海地区，差值超过100毫米，成为汛期。除7、8月外，其余各月降水蒸发差均为负值，尤以4～6月负值最大，范围最广，其分布是平原中部的鲁西北和冀东为一高负值区，降水蒸发差超过-100毫米，甚至-200毫米以上；由此向四周减小，但北部大于南部，南部黄淮海平原的信阳——固始一带和江苏盐城——东台一带的降水蒸发差甚至大于零。由此看来，初夏旱在全区是普遍的，且北部重于南部，尤以黑龙港地区最重。

本地区大秋作物生长季（4～10月），可能最大蒸发量700～800毫米，大部分地区同期自然降水不能满足农田需水量。冬小麦生长季（10～5月）可能最大蒸发量400～500毫米，大部分地区同期自然降水远远不能满足作物生长需水量。因此，没有灌溉条件的地方，本平原的作物都在缺水条件下生长，是产量不高的重要原因。

本地区降水蒸发差的变率为年降水变率的2倍，全区超过0.5。其地理分布，北部比南部大，冀东为一低值区变率小于0.5，淮北平原出现最大值变异数超过2.0。各季的变率也很大，其中以夏季最大，冬季次之，春季比秋季大，它们分别是2.5、2.3、1.2和0.9。降水蒸发差变率大，农田水分收支不稳定，是黄淮海平原产量低而不稳的重要原因。

④干燥度：降水量相同的地区蒸发量往往不同，由此引起的湿润状况不同，引出干燥度的概念。在水分平衡中，降水是主要的收入项，蒸发是主要的支出项，蒸发量与降水量之比就是气候学上的干燥度，它是表示干湿条件的一个指标。其计算公式如下：

$$K = \frac{PET}{R}$$

式中：K——干燥度

PET——用彭曼公式计算的可能最大蒸发量

R——降水量

干燥度划分气候干湿的标准是：<1.00为湿润，1.00～1.49为半湿润，1.50～3.49为半干旱，≥3.50为干旱。按照此标准计算出本地区干燥度在0.83～1.68范围内，属半湿润气候区。所以，水分条件比西北地区优越，发展一季旱作还是有利的。

第二节　农业气象灾害及其防御对策

因气象要素（主要是温度、水分）发生异常或突变而损害农业生产（农、林、牧、渔）的灾害就是农业气象灾害。温度异常引起的灾害有冷害、寒害、霜害、冻害、高温害、暖冷害等。水分盈亏引起的灾害有水害、涝害、干旱害、雪害、冰雹灾害等。

灾害的种类繁多。在本地区主要农业气象灾害有旱涝灾害、干热风、低温冷害、霜冻、冬作物越冬冻害、大风、暴雨和冰雹，现分析于后。

一、干 旱 灾 害

干旱是由于长期无雨，土壤水分不足而引起作物生长期抑制甚至停止生长的灾害。而水分不足程度的增强和持续时间的加长，最终导致作物枯死。

干旱严重影响作物的生长发育和最后产量的形成，它是黄淮海地区历史性的自然灾害。据《中国近五百年旱涝分布的图集》统计，自公元1470年至1979年的五百年间，本平原范围的大旱就出现了48年次，大涝出现了53年次，几乎都是每10～11年就有一次大旱或大涝。解放后，旱涝灾害有增无减，全区性大旱和大涝发生4次，给国民经济发展带来严重的影响。

1.干旱的危害

(1)干旱的形成　旱往往是单一气团长期控制某一地区使之久晴不雨所产生的；涝则常常是冷暖空气的交界面——锋面，在一个地区徘徊、停滞，使之久雨不晴或雨量过于集中所致。总之，干旱和水涝都是大气环流异常的结果，是降水与蒸发矛盾的加剧。

本平原干旱的发生，是受西伯利亚冷高压或太平洋副热带暖高压长期影响和控制的结果。在高压系统内，由于盛行下沉气流，水汽下沉增温不能凝结成雨，一般为晴好天气。多晴少雨，蒸发强烈，土壤有效水分减少，无法满足作物正常生理活动的需要，严重时能使作物变黄、萎蔫甚至枯死。

(2)干旱的危害　干旱在作物的整个生育过程中都可造成危害。它破坏了植株的水分平衡，使作物生长缓慢，发育受阻，导致产量和品质下降。

干旱危害程度不仅决定其强度和持续时间，同时与作物种类和作物所处的发育阶段密切相关。在营养生育阶段发生干旱，植株叶片首先卷缩，变软而萎蔫，当干旱进一步发展时，卷缩的叶片夜间也不能恢复，并逐渐变干最后死亡。从部位上看，一般是下部叶片受害后蔓延到上部叶片。在生殖生长期如果遇旱，危害更大，禾本科作物性器官发

育不良，小穗、小花减少，开花时期干旱则影响结实和籽粒灌浆。棉花、大豆花期，干旱常引起蕾铃或花荚大量脱落。严重干旱对果树危害也很大，可引起果实发育不良，过早脱落。

2.干旱的种类

黄淮海平原的旱害有春旱、初夏旱、伏旱和秋旱，其中以春旱和初夏旱频率高，危害重，影响面大。

(1)春旱　发生在3～5月，其特点是温度不高但升温很快，空气干燥相对湿度低，缺雨或少雨，并常伴有使土壤变干的冷空气入侵。春旱影响春播和幼苗出土生长，影响冬小麦孕穗、开花、结实，造成减产。

据统计，黄河以北大部分地区，4～5月自然降水60毫米左右，旬平均降水量约10毫米，小于正常下种降水指标（旬平均降水量20毫米），仅5月下旬正常下种机率才达50%；此时正是冬小麦孕穗开花关键期，60毫米左右的降水仅为小麦需水量的30%，如无灌溉条件，收成极微。黄河以南地区4～5月降水量在120毫米以上，旬平均降水量20毫米左右，4月下旬正常下种机率就达70%；此时的降水量基本满足小麦生长所需水量，可获得150公斤／亩以上的产量。

(2)初夏旱　发生在6月份。特点是温度高，蒸发大，湿度低，降水虽有增但量不很大，影响夏播作物及时播种，影响棉花花蕾形成，不利冬小麦灌浆乳熟，并使春播作物（春玉米、高粱和谷子）发生卡脖旱。

据统计，6月各旬降水量一般都在20毫米以上，都可满足下种所需水量，但各旬降水变率大遇旱机率多，6月上旬遇旱机率65%，其中黑龙港地区高达75%，6月中旬降到40～60%，6月下旬在30～40%间，7月上旬尚有20%遇旱机率，下种困难。棉花现蕾期正常需水量80～100毫米，而全区大部分地区降水量不足，就是黄淮平原6月降水小于30毫米的机率还有30%，大于100毫米的机率极小。6月正是春玉米孕穗——抽雄期，需水量占全生育期的36%左右，这一时期干旱对产量有明显的影响。

(3)伏旱　指7～8月份作物生育旺盛时期的干旱。其特点是太阳辐射强，温度高，湿度低，蒸发蒸腾量大，伏旱虽不及春旱出现频率多，但一旦发生对农业生产的危害比春旱重。这一时期的干旱不仅影响本年度降水总量和作物的产量，而且也直接影响来年的土壤底墒和水库蓄水量，决定来年作物的供水条件和水稻的播种面积。

(4)秋旱　是指处暑到秋分这一时期的干旱，华北地区群众称之为“秋吊”。对秋作物灌浆和冬小麦播种影响很大。

3.干　旱　频　率

(1)干旱指标　因研究方法和任务不同，各研究者在研究干旱规律时所制定的旱涝指标也不一样，大致可以分为以下三类。

一类是降水距平百分率、均方差和月雨量相对系数等月降水量的统计指标。它从揭示降水量变化异常规律入手，对分析普通气候或天气气候是可行的，但分析农业气候就显得不够了。因为它只考虑水分收入，不考虑水分支出，没有水分平衡的概念，因而，只能定性反映气候的干湿，不能定量说明水分的盈亏。

二类是用干燥度、湿润度、降水蒸发差等来表示。它从大气水分平衡角度出发，克服了前一类的不足，但未考虑土壤水分的变化，很难准确地反映农田水分状况。

三类是用农田需水量和实际耗水量值（即农田缺水量）与农田需水量的百分比表示，它从农田水分平衡角度出发，既考虑了农田水分的盈亏，又考虑了地表径流和下渗浪费的水量。如果蒸发量计算可靠，则后者比前两者对农业更有现实意义，因而农业气象上常用此类方法。

根据桑施韦特水分指标，将缺水量（EE）与需水量（ETM）相比再乘以100作为干旱指标；将余水量（RE）与需水量相比再乘100作为湿涝指标；把两者差值作为农田旱涝指标。

表达式：旱涝指标 $Im = In - Ia$

干旱指标 $Ia = \frac{EE}{ETm} \times 100$

湿涝指标 $In = \frac{RE}{ETm} \times 100$

认定：旱涝指标 Im＞20%为湿涝

旱涝指标 Im＜-33%为干旱

(2)干旱频率及地理分布　干旱频率df，是指记录年中旱涝指标Im小于-33%所出现的次数，与统计年数（n）之比值。旱涝指标Im大于20%所出现的次数与统计年数（n）之比值叫湿涝频率（wf）。

表达式：干旱频率 $df = \frac{Im(In-Ia)<-0.33\text{时的次数}}{n} \times 100\%$

湿涝频率 $wf = \frac{Im(In-Ia)>0.20\text{时的次数}}{n} \times 100\%$

用桑氏水分指标公式作统计，黄淮海地区自1951～1980年30年间，全区干旱比较严重的有1965年、1966年、1968年和1972年，并出现过1965～1968年、1978～1980年的连续干旱，干旱频率，黄河以北高于黄河以南，均在20%以上，高值中心位于冀中南即衡水、石家庄和邢台地区，由北向南逐渐递减，至淮河一带变为零。所以本地区的干旱是普遍的，发生机会多，时间长，范围广，灾情重，据统计，重旱年的平均受灾面积有4600～6000万亩。

从近30年旱灾发展趋势看，干旱频率和危害程度以60年代中到70年代中为高，50年代到60年代初为低。

季节性的干旱频率，北部地区高达85～110%，几乎年年都有干旱发生；南部地区在10～65%不等（见表1-6）。黄河以北春

表1-6　干旱频率

要素 / 地点	干旱频率				
	全年	春季	夏季	秋季	三季合计
北京	25	65	5	15	85
天津	20	70	15	15	100
石家庄	35	70	20	10	100
沧州	29	80	10	20	110
邢台	40	50	35	25	110
德州	25	60	20	10	90
安阳	25	50	40	15	105
荷泽	10	40	20	5	65
商丘	10	40	5	10	55
徐州	0	10	0	5	15
蚌埠	5	0	10	5	15
信阳	0	0	0	10	10

旱频率最高为50～70%，其次是夏旱为10～40%，秋季最低，频率10～25%。黄河以南干旱频率低于北部地区，仍以春季较高。全区以春旱危害最重，其次是夏旱（包括初夏旱和伏旱），秋旱危害最轻。

4.干 旱 周 期

据历史资料分析，黄淮海平原大部分地区旱涝灾害有7～8年，10～11年和20年的主要周期，其中以10～11年周期较明显，这大致与太阳黑子活动相吻合。即本地区每10～20年可能出现比较严重的旱涝灾害。

5.防旱、抗旱措施

干旱的范围广、危害大，必须广范采用多种多样的办法进行防旱抗旱。

(1)防御干旱的对策

①因地制宜进行农田基本建设，实行山、水、林、田、路综合治理，从改变生产条件着手，建设旱涝保丰收的高产稳产田。内容有平整土地、增施有机肥、改土蓄水、兴修水利、合理布井、植树造林等等。

②选用抗旱作物及抗旱品种，对于防御干旱具有重要意义，尤其是对没有水源的旱地更为重要。目前，抗旱能力较强的冬小麦品种有农大311、农大155、农大166、代177、有芒白3号、芒白5号、北京13号、代182等；玉米品种有晋杂1号、中杂11号、维尔42、英粒子、承德黄马牙、金顶子等；谷子品种有武安谷、黄谷1号、衡研白号等。

③营造护林带，对于削弱风速、减少蒸发、拦截地面迳流、涵养水源、调节气候、改善农田水分循环有显著的作用。

④灌溉是防旱抗旱的主要措施。它可以调节土壤水分贮存量，而且还可以为作物生长发育创造良好的农田小气候条件。近年来在园艺和蔬菜业上已由大面积漫灌逐步转为喷灌和滴灌，后者由于具有省水、省工、增产和不占农田等优点，有广泛的发展前途。

耕作保墒防御干旱，这是我国北方常采用的重要方法。其目的是伏雨春用，春旱秋抗。主要内容有秋耕壮垡、耙耢保墒、镇压提墒、浅耕塌墒等。

(2)干旱时期的抗旱措施

①抗旱春播的主要措施有抢墒早播、找墒播种、造墒播种、提墒播种、育苗移栽等。

②栽培技术措施也可减轻干旱的危害。当干旱发生时一方面用铺草、铺收获作物秸秆等覆盖的方法减少蒸发引起的水分损失，另一方面要限制过多的施用化肥。还要勤锄草，减少杂草的水分消耗。

③灌水是解除干旱最有效的措施。当严重干旱时要采取一切可能手段获得水源进行灌溉，比如开渠引水，深挖干枯了的井和河底、水库、引用地下河水、挖新井、铺设送水管道，利用水泵抽吸河水等等。

(3)抗旱新技术

①喷灌和滴灌。喷灌比畦灌、沟灌节约用水60%左右。主要优点是省水、保土、保肥，改善田间小气候，并且山区、丘陵坡地都可使用。

滴灌是通过一种固定地下的塑料暗管，根据作物和果树需水量以水滴的形式缓慢地直接送往30～40厘米深的植物根系活动层，滴灌比地面灌溉节水50～80%，比喷灌省水

30～35%，并能节约劳动力。

②“地膜”栽培。塑料薄膜地面覆盖栽培，土壤水分不易散失，又可抗不良天气，因此有增温、保墒、促进早熟、增产等效果。棉花、花生和其他蔬菜栽培中，地膜覆盖可以增温0.8°C左右，提高土壤水分1.0～6.0%。

③施用成膜物质抑制水分蒸发，是防旱抗旱和防止低温危害的新途径。

抑制水面蒸发是在水面上喷洒单分子膜，如鲸蜡醇、OED、水温上升剂、十六烷醇和十八烷醇等。

抑制土壤水分蒸发是用多分子膜。它能阻止水汽分子通过，因此能抑制水分蒸发并减少蒸发耗热，起到保温增墒作用，从而促进种子发芽、出苗、根系发育和早熟增产。经鉴定，抑制水分蒸发率可达70～80%。

在植株上施用羧荃葵烷磺酸、12稀丁乙酸和水杨酸等，可以在植株表面形成一层膜，从而使气孔缩小或关闭，减少水气逸散，增加作用面的反射率。然而，在减少向外水汽通量的同时，关闭气孔，也阻止CO_2和O_2的交换，影响植物生长，因此，筛选好的成膜制剂是很重要的。

④施用土壤结构改良剂，增加土壤的抗旱能力。近年来一些研究单位施用聚烃氧化物和二氧化硅有机化合物等，可以增加土壤水稳性团粒，聚合电解质可以提高土壤的孔隙度和透水率，达到减少土壤蒸发，增加土壤蓄水能力，增强植物的抗旱性。

二、干 热 风

干热风又名火风、热风、干风，它是高温、低湿和风速较大的综合气象现象，这种综合气象现象，强烈地破坏植物水分平衡和光合作用，在短时间内给作物生育和产量带来巨大影响。

1.干热风的形成及其对小麦的危害

(1) 干热风的形成　西北气流经过黄淮海平原东移入海后，引起本平原气压下降而形成一个无明显低气压中心的低压槽；此时长江以南被高气压控制。大气从高压(西南)向低压（东北）方向流动，空气下沉增温，使天气晴朗，温度升高，湿度降低，风速加大，形成了干热风天气。

当干热风发生时，气象要素变化不大，高温、低湿和较强的风速昼夜都会出现，植株体内水分因日夜强烈蒸腾消耗很大。若大气干旱持续会导致土壤干旱，严重影响作物生长和产量形成。

(2)干热风的危害　黄淮海平原的干热风一般出现在春末夏初，即5月下旬到6月上旬。此时正值冬小麦的灌浆乳熟期，影响籽粒饱满程度；对麦茬稻和棉花移栽也很不利。

当干热风来临时，小麦叶片和穗部由黄绿色变为黄白色或黄褐色，继而，颖壳张开，有芒品种表现“炸芒”，如遇雨后暴热天气植株青枯（或青干）死亡。小麦灌浆乳熟期，植株体内的可溶性碳水化合物和含氮物质迅速向籽实中转移，籽粒中含水量约在50～70%，干热风使植株体内水分迅速丧失，干物质积累提前结束，致使籽粒干瘪，产量大减。

2.干热风出现频次

(1)干热风危害小麦的农业气象指标　我国干热风的发生及危害各地不一，没有统一的农业气象指标，但各地都用温、湿、风三要素的定时观测值组来表示干热风的程度（表1-7）。

表1-7　北方部分地区选用的干热风指标

地区	等级	蒸发量（毫米/日）	最高气温（°C）	最小相对湿度（%）	饱和差（毫巴）	最大风力（级或米/秒）
徐州地区	重	>14	28—36	10—25		>5级
	中	12—14	28—36	10—40		4—5级
	轻	10—12	28—33	28—45		3—4级
山东	重		≥35		>40	3米/秒
	轻		≥30		>30	2米/秒

上述干热风指标是从气象要素考虑的，但作物受干热风危害程度不但与干热风强弱和持续时间有关，还与干热风出现前后的天气条件、地形、土壤质地和作物品种等因素有关。

(2)干热风出现频次　黄淮海平原是我国干热风主要发生地区之一，危害面积广，出现频率高。全区小麦生育期平均2～3次，其中鲁西北和黑龙港地区3次以上，江苏沿海地区最少，年平均1次以下。

从出现的天数来看，每年5月初至6月中旬各地出现的干热风平均13天左右，最多年可达21天，最少年也有8天。每次持续时间一般4天以上，河北黑龙港地区、河南的郑州—开封、信阳—固始一带在6天以上，京津地区在2～4天，沿海地区仅2天左右。

3.防御干热风的对策

目前，主要采用综合农业技术措施和喷洒化学药剂两种方法防御干热风危害。

(1)综合农业技术措施防御干热风，主要内容有浇麦黄水、选用抗干热风品种、深翻改土、营造防护林、合理施肥、调整播种期、适时早播等。

①浇麦黄水是防御干热风的有效措施。它可以改善小麦生育后期的田间小气候条件，可以加快小麦的灌浆速度，延长灌浆时间，增加千粒重，提高产量。

②选用抗干热风的品种是防御干热风危害的根本措施。避免选用后期易早衰的矮秆小麦品种，如陕西、河南等省推广的“矮丰”系统品种；天津、北京一带推广的“津丰”系统品种；避免选用抗旱性差的无芒或仅有顶芒的小麦品种；而应选用抗干热风的长芒品种，避开干热风的早熟或中早熟品种，以及耐盐性强的品种等。

③营造防护林带是防御干热风的战略措施。观测资料表明，14时，林网化的方田比无林地平均风速降低40%，气温降低约2°C，相对湿度增加9～10%，土壤水分消耗降低14～47%，小麦生育后期方田内植株绿叶数比无林麦田平均多一片，光合强度有明显的提高。

(2)喷洒化学药剂防御干热风　近年来许多地方运用各种物理化学措施来防御干热风。如喷洒某些植物激素（石油助长剂、苯氧乙酸、矮健素）、草木灰和磷酸二氢钾以及氯化钙浸种等等，也收到一定的效果。

三、暴雨与水涝灾害

1.暴雨的形成

暴雨是强度很大的降水，只有在热力、动力和大气湿度具备的条件下才会发生。

本地区的暴雨形式主要有三种：一是系统雷雨（锋面雷雨、高空槽和切变线雷雨；副高西部边缘雷雨）；二是台风登陆北上时造成的雷雨；三是下垫面性质差异引起的热力对流或地形抬升所形成的局地性雷雨。

产生暴雨的天气系统，主要是气旋（低气压）和冷空气入侵，其次是夏季我国西南海洋上移来的大量暖湿空气强烈上升所致。

暴雨下得急，强度大，容易造成山洪暴发、河流泛滥、水土流失、农田积水，从而发生水涝灾害，给农业生产带来严重损失。

2.暴雨日数地理分布及季节变化

(1)暴雨日数的地理分布　日降雨50毫米以上就能对工农业生产造成一定影响。所以国家气象局规定，凡一日内降雨量达到50毫米或以上时，称为一个暴雨日。

黄淮海平原暴雨日的平均分布与降水量的分布一致，即从东南向西北，从沿海向内陆减少。本地区的淮河流域是暴雨最多的中心之一，多年平均暴雨日数均在2.5次以上，平均强度也最大。京津地区也是多暴雨地带，年平均暴雨日2.0～2.5之间。黄河下游的鲁西北地区暴雨日数较少，在1.5～2.0之间，并且强度也较小。从历史资料看，年最多暴雨日在4次的地方是很多的，如天津在1890年发生过6次，郑州在1933年发生过8次，开封在1937年发生过6次，说明本地区暴雨次数多，酿成的灾害也是严重的。

(2)暴雨日的季节变化特点　黄淮海平原的暴雨最早发生在3月，最迟可到11月，全年平均暴雨日数在1.5～3.0之间；夏季（6、7、8月）占80%左右，其中7、8月占50%以上，冀、豫和鲁西北大部分地区的暴雨70%以上集中在7、8两月。3月或10月只在个别年份才发生暴雨；11月的暴雨就更少见了，所以7、8两月暴雨日数多，强度大、涝害的频率高，危害严重。

3.水涝灾的形成

(1)黄淮海平原尤其是淮河流域的多雨季节，暴雨之多，强度和变率之大，都是在全国少见的，个别地区日最大降水量可上千毫米，往往引起河水猛涨，山区水土流失，平原沥涝成灾，常使秋作物大幅度减产，甚至绝收，破坏水利工程和铁路、公路交通。

(2)降水变率大，使河流流量年际变化也大，本地区年径流量相对变率40～60%，高于东部各大区，季节变化更大，一般是夏秋洪峰高大，6～9月径流量占年值60～80%，防汛任务重；冬春径流量最少，只占5～10%，很多河流断流；加之本地区河流量较贫乏（全区径流量占全国外流总量的4.9%），从而加剧了旱涝灾害。

(3)本地区沟渠河道排水能力低，降水或外来水不能得到及时排出，加之雨季地下水位高，土壤蓄水能力大为降低，就使得洼地受淹，平原渍涝。

4.水涝的危害

(1)水涝对农业生产的影响和危害。水涝对农作物的危害主要是破坏了植物正常生理活动所必须的土壤水分和空气之间的比例关系。在淹水的情况下，土壤孔隙中的空气被水排出，植物根部呼吸缺氧并积累了二氧化碳和有机酸等有害物质，因而生理活动受

阻，轻则防碍生长，重则造成死亡。

水涝灾害对农业生产影响还表现在给农业生产带来很大困难，渍涝使人、畜或机械难以进入农田，影响农活速度和质量。水涝还会破坏土壤结构，甚至使农田水利设施遭到损坏。

(2)水涝发生的季节不同，对农作物的影响不同。

①春季渍涝多发生在“春寒多雨”年份，阴雨渍涝，土壤温度低，常影响适期播种，或使春玉米、高粱和谷子等作物幼苗不长或播后低温烂种，棉花易染苗期炭疽、立枯等病害；小麦拔节以后处在抽穗、扬花时期最怕水涝危害。

②夏季水涝多发生在夏季暴雨多的年份，其危害最为广泛，几乎所有夏秋作物都可受害，其中以棉花、大豆、芝麻等受害程度较重，玉米、高粱受害较轻。如果雨季提前，春末夏初发生水涝，就会影响小麦等夏熟作物后期生长和收获脱粒工作。夏季正是棉花开花、结铃盛期，发生水涝常造成蕾铃大量脱落。

③秋季水涝常使棉花受害，影响收获和翻晒；大豆收获脱粒也怕连阴雨，遇到水涝或连阴雨产量大幅度下降；有的年份秋涝延迟，还会影响小麦等越冬作物的整地质量和适时播种。

5.涝害的频率

(1)涝害的频率　根据桑施韦特水分指标公式统计，自1951～1980年30年间，全区涝害比较严重的有1954、1956、1963和1964年，并出现过1954～1956年和1962～1964年的连涝情况，涝害频率南大北小，北部地区小于10%，南部地区大于20%，其中驻马店—亳县—徐州一线以南地区则大于50%。目前涝灾主要集中在河北省的曲周—衡水—献县—沧州—坝县一带；山东省的沿黄河、卫运河、马颊河和徒骇河两岸洼地；河南省沿黄、沙、颍、洪汝河流域低地，以及苏皖淮北地区的沿淮河及支流的洼地。

(2)季节性涝害频率　全区季节性涝害频率在40～140%间，几乎年年都有，并且在一年中，有春涝连夏涝、秋涝接夏涝的情况。黄河以南，夏涝频率最高，其次是春涝，秋涝最少，它们的频率由北向南分别是30～55%、10～60%、10～25%。黄河以北地区，涝害频率低，其中以夏涝出现次数较多。全区以夏涝危害最重，春涝对南部地区影响大。

表1-8 涝害频率

地　点	全年	春季	夏季	秋季	季合计
北　京	10	0	35	10	45
天　津	5	0	25	10	35
石家庄	10	0	30	10	40
沧　州	15	0	35	5	40
邢　台	10	0	20	10	30
德　州	10	0	20	15	35
安　阳	10	0	15	20	35
荷　泽	10	10	30	10	50
商　丘	20	10	35	15	60
徐　州	45	15	45	25	85
蚌　埠	70	50	50	10	110
信　阳	85	60	55	25	140

6.水涝灾害的防御

防御水涝灾害主要有以下两个方面的措施。

(1)兴修农田水利，改造涝洼低地，实现沟、渠、河网化；植树造林建立防田林实现农田林网化；防止水土流失，加固水库和河流的堤坝，用现代农业技术武装农业，是预防农田水涝灾害的根本措施。

(2)为了避免或减轻水涝灾害，采取行之有效的农业技术措施。①调整农业结构和作物布局，改变播种期，实现台田耕作和垄作；②加强受涝作物的田间管理，如及时培土，中耕松土，改善根系通气状况，追施速效肥料，采用生长期短、而又较耐寒的作物品种，及时抢收已熟作物，以挽回或减轻水涝灾害所造成的损失。

四、低温冷害

因夏秋低温而使农作物生理机能受到破坏，生长发育受到影响，从而造成减产的灾害称为低温冷害。

黄淮海地区，70年代在“三种三收”的地方，秋季低温常给三茬作物的生育带来严重影响，如1976年夏秋低温使河北省70～80％三茬作物成熟不好或不能成熟。

1.低温冷害对作物的危害

(1)低温冷害的形成　进入秋季，太平洋副热带高压明显减弱、南退，西北利亚高压势力开始增强，冷空气不断暴发南下，于是，本平原南北各地先后出现降温现象，此时正值三茬作物对低温比较敏感的抽穗开花时期，常造成水稻和玉米等作物减产。

(2)低温冷害的危害　冷害是指在温暖季节,作物旺盛生长时期,温度在0°C以上,有时甚至接近20°C的条件下对农作物产生的危害,这种温度之所以对农作物产生危害,是因为不同作物在不同生育阶段，生理上要求的适宜温度和忍受低温的能力是不同的。一般在苗期和生育后期生理上要求的适宜温度相对低些，当生殖器官开始分化，到抽穗、开花、授粉、受精的过程中,以及灌浆初期,要求适宜温度高和忍受低温的能力弱。若此时发生低温，就会延缓作物一系列生理活动的速度，甚至破坏其生理活动机能，以致抽穗开花延迟,花器官发育异常,灌浆过程延缓，造成不育或灌浆不饱满而导致减产。

①按冷害年的天气过程可以把冷害分为三种类型。

延迟型冷害：指在作物营养生长期，由于低温、日照少的天气而产生的冷害类型，由于延迟抽穗期使成熟期进入秋冷季节，引起成熟不良，以致减产。

障碍型冷害：指在作物生殖生长期遭受低温侵袭，致使花蕊开裂受阻，妨碍了授粉、受精，造成籽粒空秕而减产。

混合型冷害：指延迟型冷害和障碍型冷害在同一个生育阶段相继出现或同时发生，给作物生育和产量带来的危害。

本地区低温冷害的作物对象主要是水稻，但夏季生育的作物也常发生冷害。

低温对水稻的危害：水稻在灌浆成熟期要求天气晴朗，日照充足，日平均气温21～22°C。若遇17～18°C或以下气温时，灌浆速度减慢。本地区的晚茬水稻常受此种冷害。因延迟型冷害的影响而造成减产，有时也受障碍型冷害影响，造成籽粒空秕。

低温对玉米、高粱和谷子的危害：这几种作物是黄淮海地区“三种三收”制的第三茬主要搭配作物，除套作外，在麦收后才移栽到大田去，这样成熟期常推到9月上、中旬，因此它们常受日平均气温低于20°C温度的危害，影响灌浆速度，导致千粒重降低。

低温对棉花的危害：在本地区低温对棉花的危害主要发生在棉花吐絮期前后，棉花吐絮期要求日照充足，日平均气温以20～25°C为宜，适宜温度利于碳水化合物的合成转化为种子的纤维。气温在20°C以下裂铃速度减慢，气温在15°C以下将阻障纤维的伸长和增厚，使棉花的品质下降，产量降低。

此外本地区的夏秋低温对大豆的开花结荚以及甘薯的块根形成等都有一定影响。

2.低温冷害的一般特点

本地区低温冷害出现早晚、强弱和频率分布与地理纬度、海陆分布及地形的关系密切，可以归纳为如下特点：

(1)夏秋低温冷害的平均、最早、最晚出现日期，大体是自北向南、自沿海到内陆逐渐向后延；山地比平原，高纬度比低纬度提前。

(2)低温冷害各候的频率受纬度、地形影响大，海陆影响不明显，最高频率出现的候，随纬度增高而提前。

(3)气温愈低受害程度愈大，纬度越高，海拔越高，出现低温越多越强。

(4)80%保证率的安全齐穗期由南往北提前，北京大约在8月23日左右。

3.低温冷害的防御对策

(1)采取综合措施，促进作物早熟　在低温冷害发生前夕或发生的时候，应采取加强田间管理，战胜低温，促进早熟等综合农业措施。

①多锄松土，提高地温散墒，可以促进作物早熟。

②玉米隔行或隔株去雄可提早成熟2～3天。

③玉米从大喇叭口到吐丝期喷磷促进早熟。

④玉米腊熟期剥包叶可提早成熟3～4天。

⑤对“三种三收”地块，适时收获中茬，促进三茬作物迅速灌浆。

以水增温、根外喷磷等措施对水稻冷害也有一定防御效果。

(2)搞好农业气候区划，合理布局农作物，运用抗逆性强或早熟品种，是防御低温冷害的重要措施。加强农田基本建设，提高抗旱防涝能力，可以和缓或减轻低温冷害°冷害年少施氮肥，重施磷肥，多施厩肥 培养地力，扩大根系的活动范围，促进作物早熟。

五、霜　　冻

每年春秋两季的霜冻是黄淮海平原常见的自然灾害。发生在秋季的早霜冻和春季的晚霜冻都给作物和果树带来不利的影响。

1.霜和霜冻的形成

(1)霜和霜冻的概念　农作物遭受霜冻危害时，往往有霜的出现，因此有人就易将霜冻引起的危害误认为是霜造成的。其实，霜和霜冻是两个不同的概念。通常当地面或接近地面物体或作物表面直接凝华成白色的象冰屑一样的晶体，这种结晶体就叫做“霜”。

一般说霜本身对农作物并无直接影响，但由于结霜时的低温会引起作物的冻害，因此一般认为当地面或接近地面空气温度下降至0°C以下时，这种现象就叫做“霜冻”。但对农作物来讲，如果温度骤然下降到足以引起农作物遭受伤害或死亡的程度，就会发生由霜冻现象引起的冻害，这称做“暗霜”或“黑霜”。因此当发生霜冻时，并不一定有白霜，如果气温在0°C以下，就有霜形成；如果气温略高于0°C，便无霜形成。

(2)霜和霜冻的形成　霜和霜冻的发生通常有两种原因，一是北方冷空气侵袭，二是由于地形、地势和土壤表面状况有利于辐射冷却。本地区的霜冻就是由于这两种原因造成的，所以秋季和春季冷空气侵袭对初终霜冻形成具有重要意义，对农作物的危害是很

大的。

2.霜冻的危害

霜冻是本地区农业生产的主要自然灾害，严重的霜冻可以使大面积的小麦、水稻和棉花等作物死亡，造成巨大的损失。春季终霜过迟，对正处于拔节、抽穗时期的冬小麦特别有害，受害小麦叶片变黄、扭卷。拔节、抽穗时期小麦的抗寒力最弱，若遇霜冻会遭受严重减产。如1953年、1954年4月中旬两次寒潮带来的霜冻，使华北地区的小麦平均减产20%以上。

秋季初霜冻过早出现使处于结铃时期的棉花受害最大。棉铃受害，产量减少，质量下降。如1960年9月中旬的一次强烈冷空气入侵，使大面积的棉花、杂粮等作物没能达到充分成熟。

霜冻对农作物的危害，主要是使作物的某些器官受到损伤。由于0°C以下的低温可使植物细胞空隙之间的水分变成冰晶，冰晶又吸取细胞中渗透出的水分逐渐胀大，这样不仅消耗了细胞的水分，还因冰晶的逐渐增大，使细胞受到机械压缩而损伤，同时引起蛋白质的沉淀，导致植物死亡。

霜冻对作物的影响不仅与霜冻强度及其持续时间有关，同时因作物种类和品种以及发育期不同而有很大的差异。作物受冻害程度还因农业技术措施不同而有很大差别，耕作好，适时播种，肥水供应适宜，增施磷钾肥，作物生育健壮，抗寒力强，霜冻就轻，遭霜冻后恢复也快，反之，则受害重。

3.霜冻的开始时间和持续时间

了解霜冻的出现时间，对于防御霜冻有着重要意义。本地区的霜冻虽然多出现在夜间。但是，究竟出现在什么时刻，这取决于出现的季节、当时的天气条件和地形、植被以及土壤性质等情况。10月的初霜和4月的终霜，都是在后半夜形成的，而在4时以后的次数最多，这是因为要达到霜冻温度必须有较长时间的辐射冷却。入冬11月和次年3月，每次冷空气到来前几个回暖天气，霜冻出现在零时前后，在隆冬的1月份，日落以后也可出现霜冻。

霜冻持续时间的长短与植物受害的程度有密切的关系，持续的时间越长，则危害亦越重。本地区初、终霜冻的持续时间一般在5个小时以内，甚至不足1小时，很少超过8小时的。初、终霜冻持续时间短，有利于防御。本地区初、终霜冻虽然夜间出现时间迟，持续时间不长，但对作物的危害重，因为初霜正出现在晚秋作物的生育后期和喜温作物生长活跃期和苗期，经过短时期的低温，都将引起霜冻；而冬季虽然霜冻出现的时间早，持续时间长，但作物都处于缓慢生长或停止生长阶段，霜冻的影响不大。

4.霜冻的防御

为了战胜霜冻，避免或减轻霜冻带来的损失，就要利用多种方法与霜冻作斗争。其主要途径有：

(1)以提高作物耐寒力为中心的农业技术措施：①选用抗旱力强的或早熟品种；②选择或调整适宜的播种期和根据地形、小气候差异，合理种植作物；③在大片农作物北面建筑风障；④采用耕作栽培措施抑制徒长，增强抗寒能力，如早春镇压麦田，棉花后期整枝打杈促进早熟；⑤施用磷钾肥提高作物的抗逆性等等。

(2)物理方法主要有：①利用烟幕减少地面辐射冷却的熏烟法；②增加土壤热容

量、导热率，减少地面降温的灌溉法；③采用薄膜、杂草、厩肥等覆盖，也可减少地面辐射冷却，保持田间温度保护作物不受霜冻危害。

六、冰　雹

冰雹又叫“冷子”，是黄淮海地区自然灾害之一，虽然影响面积较小，持续时间短，但对农业生产的危害较大。

1.冰雹的形成

对流极盛的积雨云，垂直厚度可达6～8千米，云体下部的温度在0°C以上，主要由水滴组成，中部的温度在0～－10°C间由冰晶或过冷却水滴组成，上部的温度在－10°C以下，由雪花、冰晶和过冷却水滴混合组成，在有强烈对流的积雨云中，上升气流带着大小水滴与云体上部的雪花、冰晶和过冷却水滴相碰撞，结成雹心，当上升气流减弱，雹心又降至云体的下部时，表面融解成水，并吸附水滴增大体积，遇到较强的气流，再被推举到云体上部，表面的水又凝结成冰，在凝结时释放出潜热而使冰面湿润，粘附大量雪花，如此反复升降数次，使雹心周围透明和不透明冰层不断增厚，当体积大到上升气流不能支持时，便坠地而成冰雹。

从天气形势看，春末夏初，西风带有明显的低槽和冷锋东移，在湿度条件比较充足的情况下，不稳定的能量大量积聚，形成不稳定的天气，对流极盛，产生强大的积雨云。在降雹前1～2天特别闷热晴朗无风；由于冷空气入侵，形成云顶颜色紫红，云腰颜色发黄，云底颜色暗灰的积雨云，群众称为“五彩云”；这种云体上下翻滚极厉害，同时雷声嗡嗡电闪一片。

2.冰雹发生规律

（1）冰雹出现次数及地理分布　根据1951～1980年的资料统计，黄淮海平原大部分地区都出现过冰雹，但发生的次数各异。最多的地区是京、津、唐地区和河北省，其次是豫北和鲁西北以及淮河流域地区，平均每年0.3～1.0次，1～3年一遇。从地理分布特点来看，山地多于平原，内地多于沿海，北部多于南部，燕山和太行山东南侧降雹次数最多，平均每年在1次以上。据河北省1969～1977年发生次数统计，属于高原山地的张家口、承德、唐山三地区就占降雹总次数的63.5%，而地处平原的石家庄、沧州、衡水、邯郸四个地区仅占16.6%。

（2）冰雹出现的时间　就冰雹出现的时间而言，本地区北部一般出现在3～9月，以5～7月最多；南部一般出现在1～9月，以3～6月最多。由此可见，大部分地区以春夏之交降雹机会最多，冬季最少。降雹的时间多集中14～18时，南北差异不明显，南部稍后在16～18时，且有夜间降雹现象，降雹持续时间从几分钟到十几分钟，最长有40分钟，1小时以上的少见。本地区雹块直径为0.5～3.0厘米，最大直径可达25厘米。降雹路径多为西北往东南或东北往西南的走向，可在宽度2～5公里或更窄的雹线上断断续续，从几千里到几百里地降落。由此可见，本区不仅降雹范围广，降雹次数多，而且雹块较大，灾情较重。

3.冰雹的危害

冰雹危害作物主要是机械性损伤，轻者减产，重者颗粒无收，更严重的降雹常伴随有狂风暴雨，除冰雹打伤禾苗和人、畜外，山洪淹没农田，狂风吹倒房屋和树木，引起

极大的破坏。

冰雹的危害决定于雹块大小、持续时间、作物种类及其发育阶段，大的冰雹袭击猛或降雹时间长，农作物受害就重；豆类、棉花等双子叶作物较禾本科作物受害重；如在开花期或成熟期的作物较处在幼苗期受害重，甚至能造成毁灭性的伤害。果树林木遭到受雹灾，当年和以后生长均受影响，受到创伤还易发生病虫害。

4.冰雹的防御

本地区5、6月份是多雹季节，正是春播作物生长和越冬作物成熟期，对小麦等可选用早熟品种，及时抢收已成熟的作物，避免冰雹的危害。水稻可灌水淹没秧苗，冰雹过后及时排水。雹灾发生后，及时追肥补苗，加强田间管理，促进受害植物迅速恢复生理机能，茎叶被打伤的还有生长能力，应迅速采取抢救措施，促进早发，严重缺苗断垄的作物田块，可补种或改种生长期适宜的作物和品种，以减轻冰雹造成的损失。

七、大　风

空气流动就成为风，根据空气流动的速度（风速）通常把风力划分为0～12级；由于6级以上的风常对工农业生产和国防建设带来很大的影响，气象部门就把它称为大风。

1.大风的形成

冷空气南下，台风侵袭，以及强烈的地方雷阵雨天气等都会带来大风，其中以冷空气带来的大风最多。冷空气可分两路进入黄淮海地区，东北路由东北平原南下侵入，出现北或东北大风、频率达到30～60%。西北路从蒙古高原南下侵入，常出现西北大风，其频率达30～50%。冷空气入侵带来大风多出现在冬春季节。夏季午后，地面受热不均，引起空气猛烈对流，上升形成雷雨云，伴随雷阵雨发生大风，这种大风来势迅猛，持续时间不到1小时，虽然范围不广，但破坏力却很大，这就是雷雨大风。这类大风多出现在夏季，大风移向和主要风向没有冬春季节大风有规律。但是黄河以北多为东北风，黄河以南以及沿海地带多为东南风或南风。夏秋之交，我国东南海面上产生强大的热带气旋，当它登陆后，仍伴随着严重的狂风暴雨，摧毁力极大，这就是台风。黄淮海平原距海远，只受台风边缘影响，风力和雨量都较沿海小。

2.大风的危害

大风破坏性很大，它不仅能摧毁房屋和庄稼，大风还能带来飞沙走石，移动沙丘，使肥沃良田成为不毛之地，另外，对交通、通讯和基建，甚至人畜都有很大危害。

大风对农作物的危害，主要是造成作物的机械损伤，引起植株的茎秆折断或倒伏，严重影响作物的正常生长，对已近成熟期的作物会引起大量籽粒脱落；并会使土壤大量蒸发失水，而发生干旱；冬春季雨雪稀少的年份，在沙土地区，大风能把农田表土吹走，致使作物的幼根裸露受冻受干枯死，或者幼苗被沙土埋没。

3.大风的特点

(1)大风日数及空间、时间上的变化　据1951～1980年资料统计，本平原大部分地区，年平均大风日数在10天左右，多则40天，少则也有2～3天。大风较多的地区发生在河北，年平均大风日数在20天以上，其中河北西北部和西部最多，年平均在25～40天。其次是鲁西北和豫北，年平均大风日数在15天以上。本平原以淮河流域大风日数少，一

般在10天以下。大风较多的年份有1961、1962、1963、1966、1971、1972、1973年，较少的年份是1957、1976年。大风日数的季节变化也很大，全年以冬春季节大风较多，河北、豫北和鲁西北春季最多，冬季次之，春季多于秋季（京津地区秋季多于春季）；河南东部和淮河流域，以春季最多，春季多于冬季，秋季最少。

（2）大风强度　本地区各地的大风强度都较大，一般出现在每秒17～20米／秒，相当于8级大风，部份地区的最大风速达每秒24～28米，（相当10～11级大风），有燕山和太行山东南侧与平原交界的地带，即河北的西北部；河北的黑龙港、豫东沙碱地区的原阳、封丘、兰考和民权等；黄泛区的西华、扶沟、淮阳和淮北平原的新蔡、正阳等地区。

4.大风的防御

在农业上避免和减轻大风的措施主要是加强田间管理，旱地结合中耕培土，水田排水晒田，增施磷钾肥，促使根系发育，使茎秆粗壮，防止倒伏，提高抗风能力；及时收获已熟的禾本科作物，以减少倒伏或机械落粒损失。种植防风林网，是与大风等不利天气气候条件斗争的根本方法。

第三节　农田水分平衡及作物水分供需

黄淮海平原普遍存在的旱涝盐碱灾害，是半湿润季风气候和地理条件影响下，水分收支不平衡所表现出的自然现象。所以，应研究本区水分平衡，科学地进行调节和管理，充分利用水的资源，为综合治理旱涝盐碱服务。

一、农田水分平衡

黄淮海平原的水分平衡属降水—蒸散型。每年参加该平原水分循环的水量中，七分来自降水，三分来自周围的山区，这些水分四分之三以蒸散的形式排出，四分之一自黄河、淮河、海河和滦河流入海洋。

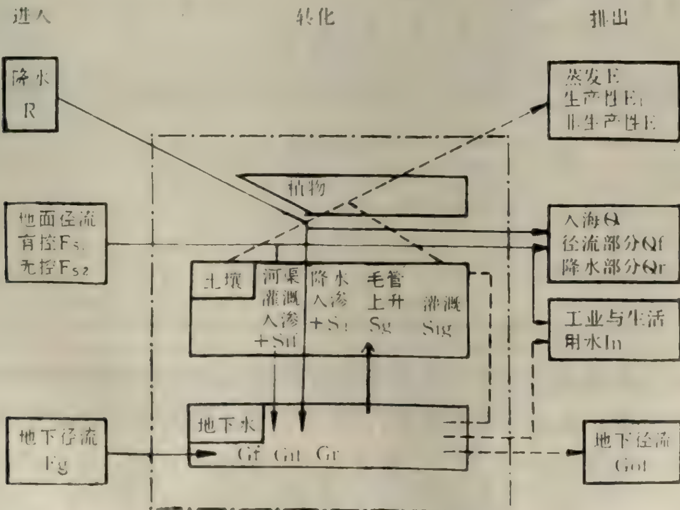


图1-5　黄淮海平原水分平衡模型

1.黄淮海平原的水分平衡

(1)水分平衡方程式和水分循环模型　本地区水分平衡，进入项主要有区内降水量（R）、区外（周围山区）的地表迳流（FS）和侧向补给的地下迳流（Fg）；支出项主要有蒸散（E）、工业和生活用水（ln）和入海（Q），其水分平衡方程式为：

$$\Delta M = (R + Fs + Fg) - (E + ln + Q)$$

式中ΔM为某一平衡时段内开始和结束时的水分差额。

水分在土壤-植物-大气系统中循环流动，增加了一个转化过程，使问题复杂化。降水进入水分平衡主要转化有：渗入地下水（Gr）、渗入土壤(Sr)和被覆盖物接纳(Lr)及径流入海洋（Qr）。来自区外的地表迳流包括有控（FS_1）和无控（FS_2）两部分，它们主要转化为灌溉和河渠侧渗而进入土壤（Sif）和补给地下水。来自区外地下迳流（Fg）主要转化为区内地下迳流（Gf）。其表达式：

$$R \rightarrow Gr + Sr + Lr + Qr$$

$$Fs \rightarrow Sif + Gr$$

$$Fg \rightarrow Gf$$

转化为地下水的水分，或上升进入土壤（Sg），或因被人开采灌溉进入土壤，二者汇同原土壤中水分（Sr、Sif），最后以蒸发和蒸腾的形式排除。地下水也可以以地下迳流形式排出。

其表达式：$Gr \rightarrow Sg$　　$Sg + Sr + Sif \rightarrow E$

(2)海滦平原的水分平衡　黄淮海平原主要由三个流域组成，北部的海滦河流域，南部的淮河流域和中部面积不大的黄河流域。北部和南部的降水，地面和地下迳流等方面都很不相同。南部降水多，水源充足，水分容易调节；北部降水少，水源缺，水分调节困难。下面对北部的海滦河平原及整个黄淮海平原的水分平衡作一简要介绍，根据上述方程式统计计算结果见表1-9。

表1-9　黄淮海平原水分平衡

地区＼项目	年降水量		来自区外地面径流		侧向补给地下径流		蒸散量		入海量		生活用水	
	亿立方	占进入%	亿立方	占进入%	亿立方	占进入%	亿立方	占排出%	亿立方	占排出%	亿立方	占排出%
海滦平原	713	77.1	206	21.7	11	1.2	784	82.7	94	9.9	70	7.4
黄淮海平原	2082	70.1	881	29.6	9	0.3	2209	74.3	763	25.7		

从区域水分平衡角度出发，把进入平衡区的各种水分均可看作水资源。其总和构成了天然水资源的总量。海滦平原有耕地1.2亿亩，按0.61作为土地利用系统，该平原天然水资源总量为每年每亩490立方米，除了入海和生活用水量，参与转化和蒸散过程的水量为每年每亩410立方米，接近农田需水量（每年每亩470立方米），农用水基本能满足一季旱作生育需要。整个黄淮海地区有耕地2.7亿亩，那么天然水虽说总量为每年每

亩670立方米，除了入海和生活用水量，参与转化和蒸散过程的水量每年每亩500立方米，基本能满足二年三作制的农田需水量。

2.黄淮海平原的农田水分平衡

在区域性的水分平衡的排出项中，既包括蒸散量，又包括不参加农田水分循环的生活用水和入海水量，为了提高水分的利用率，建立科学的灌溉体系，还需要对农田水分平衡进行分析和说明。

(1)农田需水量（ETm） 农田需水量是指在水分供应充足，不影响作物生长发育的情况下，作物对水分的需要量，通常用可能最大蒸发量乘以一定系数来表示。

表达式 ETm＝KC×PET

式中： ETm——农田需水量

KC——作物需水系数

PET——可能最大蒸发量（用彭曼公式计算）

①作物需水系数。在供水满足作物需要的条件下，可能最大蒸发量与需水量之间的关系为一经验系数(KC)，一般地把它称为作物需水系数。作物需水系数随作物种类不同而不同，随作物生长期不同而有差异，并随风速和湿度的变化而不同。多数作物出苗期的需水系数极小，随着作物充分发育之后，需水系数增加到最大值。而后随着作物的成熟，系数逐渐减小，见表1-10。

表1-10 作物需水系数

作物	作物发育阶段					
	苗期	营养生长期	生殖生长期	产量形成期	收获期	全生育期
小麦	0.3～0.4	0.7～0.8	1.05～1.2	0.65～0.75	0.2～0.25	0.8～0.9
玉米	0.3～0.5	0.7～0.85	1.05～1.2	0.8～0.95	0.55～0.6	0.75～0.9
高粱	0.3～0.4	0.7～0.75	1.0～1.15	0.75～0.8	0.5～0.55	0.75～0.85
水稻	1.1～1.15	1.1～1.5	1.1～1.3	0.95～1.05	0.95～1.05	1.05～1.2
棉花	0.4～0.5	0.7～0.8	1.05～1.25	0.8～0.9	0.65～0.7	0.8～0.9
大豆	0.3～0.4	0.7～0.8	1.05～1.2	0.65～0.75	0.25～0.3	0.7～0.8
番茄	0.4～0.5	0.7～0.8	1.05～1.25	0.8～0.95	0.6～0.65	0.75～0.9
西瓜	0.4～0.5	0.7～0.8	0.95～1.05	0.8～0.9	0.65～0.75	0.75～0.85
花生	0.4～0.5	0.7～0.8	0.95～1.1	0.75～0.85	0.55～0.6	0.75～0.8
葡萄	0.35～0.55	0.6～0.8	0.7～0.9	0.6～0.8	0.55～0.7	0.55～0.75
苜蓿	0.3～0.4				1.05～1.2	0.85～1.05
柑桔						0.85～0.9

注：高湿（相对湿度＞70%）低风速（风速＜3米／秒）用表中第一项数字

低湿（相对湿度＜20%）强风速（风速＞3米／秒）用表中第二项数字

②农田需水量的基本特征。多年平均农田需水量大部地区在700毫米以上，最大值出现在大运河和海河之间，即冀东和鲁西北的部分地区，由此向北向南，向东向西递减，

鲁西北、豫东、豫北和徐淮地区的北部，年农田需水量700～750毫米，太行山山前平原和淮河一带在650～700毫米之间。月季分配是：6月农田需水量最大，在100毫米以上，12月最小，在20毫米以下。6月多风，饱和差大，天空晴朗少云，辐射量大，可能最大蒸散量亦大。12月与6月相反，辐射和动力两因子小，加上土壤冻结，无液态水运动，蒸发量小。

在气象因子中，除水分以外，其他如日照、温度和风年际变化都小，所以在农田需水量的年际变化亦不大。年变率在0.07以下，年最大值与最小值之差，一般在150毫米左右，有的地方，如固始可达250毫米。月际变化也不显著，比较突出的是5～8月。变率小于0.2，最大值与最小值之差仅30毫米左右，最大达50毫米。

（2）实际耗水量（ETA）

①实际耗水量的计算。实际耗水量是指农田在当时气候条件下的农田蒸发和蒸腾量，按FAO《产量对水分反映》所提供的水分平衡式，计算实际耗水量，要考虑的因子有：农田需水量（ETm）、降水量（RA）、播前土壤有效水分贮存量（SA_1）。

播前土壤有效水分（SA_1）是用汛期结束时土壤总有效水分减去汛期结束至年底可能最大蒸发量的总和，再加降水总量，其表达式如下：

$$SA_1 = SA + \sum_{i=1}^{n} R_i - \sum_{i=1}^{n} PET \times 0.7$$

土壤总有效水分（SA）的单位为深度（毫米／米），即一米厚度土壤中所含水分的毫米数，土壤总有效水分的范围为：从田间持水量（即土壤水分张力为0.1～0.2大气压时的含水量）到作物凋萎时的土壤含水量（土壤水分张力为15大气压时的含水量），因而不同质地的土壤和同一质地的土壤，总有效水量的变化范围很大。不同质地土壤总有效水量如下：

重质地土壤　200毫米／米
中质地土壤　140毫米／米
粗质地土壤　 60毫米／米

实际耗水量（ETA）计算方法如下：

当　$RA + 上旬SA_1 > ETm$时

$ETA = ETm$

SA_2（本旬）$= RA + SA_1 - ETm$

当　$RA + 上旬SA_1 < ETm$时

$ETA = RA + SA_1$　　　则 $ETA < ETm$

SA_2（本旬）$= 0$

当土壤含水量能满足作物生长需要时，实际耗水量就等于需水量（即ETA = ETm），当土壤含水量不足时，实际耗水量则小于需水量（ETA<ETm）。

②实际耗水量的基本特征。黄淮海平原实际耗水量在400～700毫米之间，其分布趋势是南大北小，黄河以北在550毫米以上，驻马店，亳县和徐州一线以南地区大于650毫米。季节分布：夏季最大，其次是春季，秋季比冬季大。因为在夏季，降水量大，大秋作物处于生长旺盛阶段，耗水量则多。

实际耗水量受自然降水的支配，年际变化大，年变异系数大于0.3；年最大值与最小值之差，一般在300毫米以上，有的地方，如德州两值之差达420毫米。月际变化显著，尤其是5～8月，变率大于0.5，最大值与最小值之差在50～60毫米之间，最大可达100毫米以上。

农田需水量与实际耗水量多年变化呈反相关，农田需水量为正距平时，实际耗水量为负距平，两者的相关系数，北京为0.5，德州为0.55，商丘为0.6。

（3）缺水量和余水量

①缺水量（EE）。如前所述，ETm表示农田需水量，ETA表示在当时气候条件下的实际耗水量，两者差为农田缺水量EE，其表达式：EE = ETm - ETA。

本平原多年平均农田缺水量在0～250毫米之间，其空间分布如图1-6，黄河以北在150毫米以上，冀中南和鲁西北大于200毫米，淮河一带为零，表明不缺水。从季节分布来看，春季缺水最多，夏季次之，秋冬两季最小，它们分别占全年的45%、40%、15%。其空间分布同年值北大南小，由北向南逐渐递减，到淮河一带为零。说明北部，尤其是冀中南和鲁西北，干旱严重，盐渍土分布广，其中以春旱强度大，影响面广，土壤表层积盐重，有害于春播作物幼苗生长。

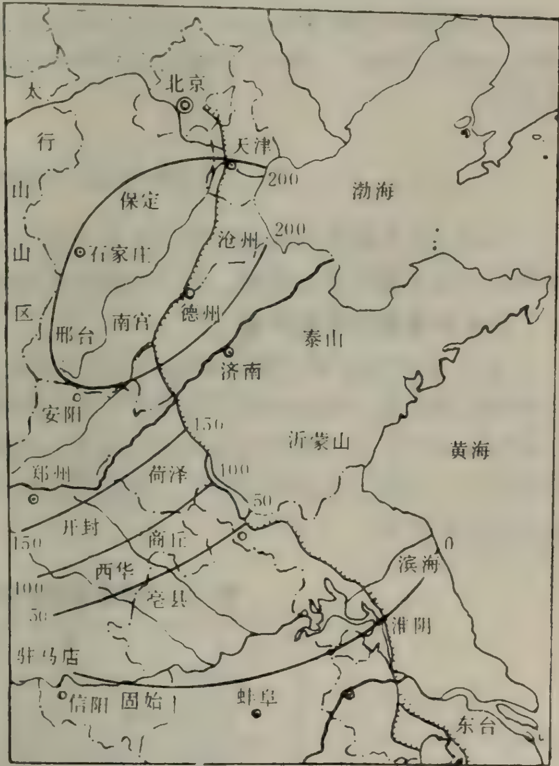


图1-6 黄淮海平原年缺水量分布图

受季风气候影响，缺水量的变幅较大，年变率大于0.4，年最大值与最小值之差在350毫米左右，个别地方高达500毫米。再看各季情况，春季变率为0.5～1.0，最大值与最小值之差可达200毫米；夏季变率在0.4～1.0间，最大值与最小值之差可达300毫米；秋季变率在0.2～0.4间，最大值与最小值之差可达50毫米，变幅大，干旱频率高，水分的丰欠不稳，不利于农业持续稳产。

1954、1956、1963和1964年大部分地区的缺水量为零，该年为丰水年，1965、1966 1968、1972年本平原各地的缺水量都大，干旱危害遍及全区，造成农业减产。

②余水量（ER）。农田余水量是指当月的降水量（RA）减去土壤耗水量（土壤总有效水分减去上月末的土壤有效水分，即 $SA - SA_1$）再减去农田需水量（ETm）。

表达式：$ER = RA - [ETm + (SA - SA_1)]$

余水可以认为是未被本区农田利用，下渗流入潜水层以地下径流形式排出和流入江河的地表径流的总量。它的分布趋势是，南部地区大，北部地区小，大部分地区在100毫米以下，淮河流域在400毫米左右。在一年中，夏季最大，秋季次之，春冬两季最

小，它们分别占全年总余水量的85%上下、10%左右和0～5%之间。表明春季多旱，易积盐；夏季多涝，易脱盐；秋季干旱又积盐。各季余水量的空间分布，都是由北向南递增，到淮河一带达最大值。如信阳地区，多年平均余水量，全年为484毫米，春季145毫米，夏季183毫米，秋季85毫米，冬季为71毫米，这一带少旱灾多涝灾。

余水量的年际变幅比缺水量明显，年变率在0.5以上，年最大值与最小值之差在300毫米以上，淮河一带高达700毫米，固始1975年余水量为717毫米，信阳1964年高达900毫米。春季的变率，南部地区在0.6～1.2间，最大值与最小值高达400毫米，春涝频率高；北部地区无余水，基本无春涝危害。夏季全区的变率都很大，在0.5～1.1间，在京广线以西的山前平原（如邢台）、淮河一带（如固始）等地区，最大值与最小值之差可达500毫米以上。夏涝强度大。秋季余水量变率南大北小，南部一些地区也有秋涝发生。1954、1956、1963、1964、1969年余水量全区都很大，表明这五年的雨水丰盛，但易酿成涝灾。

二、几种主要作物水分供需状况

上面已述作物需水量与实际耗水量之差，可以用来表示作物的水分余缺。而作物实际耗水量小于需水量的缺额，除以作物的需水量通称作物的缺水率。

1.水分供需与作物产量

（1）缺水对作物产量的影响　当供水不能满足作物要求时，实际耗水量会降到低于作物的需水量。在缺水的情况下就会影响作物生长，降低作物产量。水对作物生长和产量影响的大小，取决于作物种类和品种及其缺水时期和缺水量，后两者尤为重要（见表1-11）。因此，当供水受限时，就应把有限的水量用到对产量影响最大的作物及影响最大的生育阶段。

表1-11　作物生长期对缺水的敏感性

作　物	感　敏　期
小　麦	扬花期＞产量形成期＞营养生长期，春小麦比冬小麦敏感
玉　米	花期＞成熟期
高　粱	扬花期和产量形成期＞营养生长期
水　稻	抽穗期和扬花期＞营养生长期和成熟期
棉　花	花期和棉铃期
大　豆	产量形成期和扬花期，特别是荚体发育成长期
番　茄	扬花期＞产量形成期＞营养生长期
西　瓜	开花期，结实期，特别是拉蔓期
花　生	花期和产量形成期
葡　萄	全生育期，特别是拔节期和花期＞成果期
柑　桔	扬花期和坐果期＞长果期

(2)作物的水分利用率　作物的水分利用率，就是单位水量所生产的总干物质产量（Em）和收获量（EY）（公斤／米^3）。在作物不缺水的情况下（即ETA＝ETm），作物的水分利用率随作物种类不同而不同，如花生的干物质产量水分利用率为1.6，而

玉米为2.1。不仅不同作物具有不同的生长速度和需水量，而且不同作物的收获量占干物质产量的百分数也随作物不同而有异，如花生的收获指数为0.35，而玉米为0.4。

当供水不能满足作物需水时（即$ETA<ETm$），作物对缺水量的反映并非完全一致。如玉米，缺水会降低水的利用率，而另有一些作物如高粱，缺水倒反而提高了水的利用率。

(3)作物产量对水分的反应　产量对水分的反应，用产量反应系数（KY）来定量，产量反应系数的大小与产量降低率（$1-\frac{Ya}{Ym}$）和缺水率（$1-\frac{ETa}{ETm}$）有关。缺水可能发生在全生育期，也可能发生在生长期的个别生育阶段。早期缺水会影响作物全生育期，而后期缺水则只会影响作物个别生育阶段，见表1-12。

表1-12　作物的产量反应系数

作物	营养生长期	花　期	产量形成期	成熟期	全生育期
冬小麦	0.2	0.6	0.5		1.0
玉米	0.4	1.5	0.5	0.2	1.25
高粱	0.2	0.55	0.45	0.2	0.9
棉花	0.2	0.5		0.25	0.85
大豆	0.2	0.8	1.0		0.8
花生	0.2	0.8	0.6	0.2	0.7
番茄	0.4	1.1	0.8	0.4	1.05
西瓜	0.45～0.7	0.8	0.8	0.3	1.1
葡萄					0.85
柑桔					0.8～1.1

一般情况下，对全生育期来说，产量降低率大于缺水率时，产量反应系数小于1（即KY<1），有苜蓿、花生、大豆等作物；产量降低率小于缺水率时，产量反应系数大于1（即KY>1），有香蕉、玉米和甘蔗等作物。对个别生育期来说，缺水对营养生长期和成熟期影响相当小，而对扬花期和产量形成期的影响则相当大。由此可见，产量反应系数大的作物抗逆性差，产量反应系数大的生育阶段，对缺水最敏感，对产量影响最大，反之则小。

2.几种主要作物水分供需

(1)春玉米水分供需

①春玉米需水量、实际耗水量和缺水量。黄淮海平原春玉米需水量北部地区大于南部地区，黄河以北在475毫米以上，冀东最高达500毫米；黄河以南需水量在350～500毫米间。无论是北部还是南部，在全生育期中以营养生长期需水量最多，其次是产量形成期和生殖生长期，苗期比成熟期需水量多，它们分别占全生育期总需水量的40%、30%、20%和5%。

春玉米的实际耗水量在350～450毫米间，其空间分布不明显，南部地区比北部地区稍大。

本地区春玉米全生育期的缺水量和缺水率，都是北部大南部小。黄河以北缺水在100毫米左右，缺水率达20%，其中冀东的献县—衡水—南宫一带，在150毫米以上，缺水率高达30%；黄河以南缺水量除郑州、开封、商丘和荷泽等地大于100毫米以外，其他地区在100毫米以下，缺水率不超过20%，其中淮河流域的自然供水充足，能满足春玉米生育所需。从各生育阶段看，生殖生长期，在冀东缺水最多，缺水率最高，对春玉米危害最重，淮河流域则最小；营养生长期受旱是普遍的，北部地区重于南部地区；产量形成期和成熟期缺水量小，缺水率也小，南部地区都在10%以下，对产量无大影响。

②春玉米水分供需变率。春玉米需水量的年际变化比较小，全生育期无论南部还是北部，都在0.1以下，各生育阶段需水量的变率也小，且各阶段无明显差异，在0.08～0.15间。

春玉米实际耗水量受降水变化的影响，也受需水量和土壤水分变化所左右，年际变化较需水量大，较降水量小，全生育期变率北部地区为0.15～0.20，南部地区在0.1～0.15间，各生育阶段的变异系数，以生殖生长期为最大，其次是营养生长期，产量形成期比成熟期大，它们分别在0.25～0.48、0.16～0.46、0.14～0.24和0.12～0.22。

春玉米的缺水量的变率较实际耗水量变率大，这是由于需水量和实际耗水量多年变化呈负相关。全生育期变率在0.7～4.0间，其地理分布是南部大于北部，最小值发生在冀东和鲁西北地区小于0.7，最大值出现在淮河流域为2.0～4.0间，各生育阶段缺水量变率，营养生长期是0.8～5.0；生殖生长期0.9～4.5；产量形成期1.5～4.0；成熟期在0.1～5.0。由此可见，春玉米的水分供需年际变化大，是本地区产量不稳的主要的原因。

(2)冬小麦生育期水分供需

①冬小麦需水量、实际耗水量和缺水量。本地区冬小麦全生育期需水量在330～430毫米间，黄河以北350毫米，其中鲁西北和冀东超过400毫米。黄河以南地区由郑州—开封—荷泽—线至淮河流域冬小麦需水量由350毫米降至330毫米。从各生育阶段来看，需水量最多的是在冬小麦的生殖生长期和产量形成期，分别为100～150毫米间和90～120毫米间；其次是营养生长期，需水量在70～105毫米间；苗期需水量多于成熟期，前者为30～40毫米，后者为10～15毫米。

冬小麦实际耗水量的地理分布与需水量的分布相反，北部小南部大。黄河以北大多数地区冬小麦需水量在250毫米左右，其中河北省的黑龙港地区最低，在240毫米以下；黄河以南地区差异不大，都在310～330毫米间。从各生育阶段看，冬小麦实际耗水量在生殖生长期和营养生长期最大，其次是产量形成期，成熟期最小，它们分别为60～100、75～95、40～90和30～40毫米。

本地区冬小麦缺水量南北差异显著，黄河以北大多数地区在115～150毫米，河北的黑龙港地区降水少，地下水贫乏，冬小麦缺水量大，最大可达180毫米。黄河以南地区冬小麦缺水量小，淮北平原为15～40毫米；淮河流域供水充足，基本满足冬小麦的需水量。从冬小麦全生育阶段来看，缺水最多的发生在生殖生长期和产量形成期，两期的缺水量占总缺水量的90%左右。从缺水率看，黄河以北地区在30%以上，其中黑龙港地区超过40%，黄河以南地区在10%以下，其中淮河流域缺水率低至零。

②冬小麦水分供需变率。冬小麦需水量变率小，全生育期的变率在0.07～0.1；各地区在各生育阶段的需水量变率也小，在0.15以下。由此看来，本地区冬小麦全生育期或各生育阶段的需水量是比较稳定的。

本地区冬小麦实际耗水量变率较需水量变率大，全生育期黄河以北地区为0.18～0.24；黄河以南地区为0.09～0.16。从各生育阶段来看，以产量形成期和生殖生长期最大，其次是成熟期，营养生长期最小，从北向南它们分别为0.8～0.2、0.6～0.1、0.5～0.1和0.2～0.1。

冬小麦缺水量变率受需水量和实际耗水量负相关变化的影响，年际变化是很大的，

全生育期缺水量变率与缺水量分布形势相反，黄河以北地区比黄河以南地区小，最小值出现在冀东和鲁西北地区为0.4；最大值发生在淮北平原的南部地区超过2.0，各生育阶段以营养生长期最大，由北向南是2.5～5.0；生长生殖期居第二，由北向南是0.6～3.9，成熟期居第三，由北向南是0.9～2.0；最小是产量形成期，由南向北是0.5～2.0。

本平原大部分地区，尤其是黄河以北地区，冬小麦处在缺水和供水不稳的条件下生育，因而产量低而不稳。

(3)棉花水分供需

①棉花需水量、实际耗水量和缺水量。本地区棉花全生育期需水量南北差异不大，一般在600～700毫米间，其中鲁西北和冀东稍大，在700毫米以上；各生育阶段以现蕾期需水量最大，其次是营养生长期和开花期，吐絮期需水量最少，它们分别占总需水量的55%、25%、15%和5%。

实际耗水量南部地区多北部地区小，黄河以南大部分地区在500毫米以上，黄河以北地区在500～550毫米间，其中燕山和太行山山前平原及黑龙港地区最低，小于500毫米。从各生育阶段看，现蕾期实际耗水量多，为300毫米左右；其次是营养生长期为120毫米上下，开花期由北向南是50～90毫米，吐絮期较少，由北向南是10～20毫米。

本地区棉花缺水量和缺水率都是由北向南逐渐减少，黄河以北地区棉花全生育期缺水量在150毫米以上，缺水率为20～25%，其中鲁西北和河北中南部地区缺水量超过200毫米，缺水率在30%左右；黄河以南地区缺水量在100毫米以下，缺水率不超过15%，其中淮河流域不缺水。由上说明，黄淮海平原棉花全生育期的自然供水虽然不充足，但相差不多，黄淮平原自然供水充足，有利于棉花正常生长。

就其各生育阶段来看，除淮河流域以外的地区，缺水最多的是现蕾期，占总缺水量的50%，其次是营养生长期，占总缺水量的30%左右，开花期缺水量占总缺水量的15%，吐絮期最少为5～10毫米，仅占总缺水量的5%以下。

②棉花水分供水变率。棉花全生育期需水量变率为0.06～0.08；营养生长期需水量变率在0.08～0.1间；开花期和现蕾期需水量变率是0.9～0.12和0.8～0.1；吐絮期需水量变率是0.12～0.19。

棉花实际耗水量变率比需水量变率大，全生育期实际耗水量变率，在黄河以北为1.6～2.5；在黄河以南地区为0.8～0.16。各生育阶段的变率以营养生长期最大，由北向南是0.4～0.08；其次是吐絮期，由北向南是0.4～0.2；开花期比现蕾期大，由北向南是0.28～0.20和0.2～0.1。

棉花缺水量变率在0.6～2.2之间，其地理分布是北部小于南部，高值区出现在淮河流域为2.0以上，低值区发生在鲁西北和冀东低于0.6。从各生育阶段来看，吐絮期的变率最大，在1.5～3.5之间，其次是开花期为1.5～3.0；营养生长期比现蕾期大，它们分别为0.7～2.5和0.6～2.0，其空间分布同全生育期，北部小南部大。

由于受季风气候影响，棉花水分供需变率大，对棉花稳产不利。

第二章　黄淮海平原水资源开发和利用

第一节　水资源评价及其开发利用

一、水资源评价

黄淮海平原是我国最大的平原，它由黄河(花园口以下)、淮河和海河三个流域的平原部分以及冀东与鲁北滨海平原组成。北起燕山，南抵淮河干流，西依太行和伏牛山，东临渤海与黄海，总面积约33万平方公里。黄淮海平原属于非闭合区域（流域），水资源和补给来源，除当地降水外，还有来自流域上游山丘区的河川径流和地下径流（山前侧渗）的补给。从水资源开发利用角度出发，把平原区内降水所形成的地表径流与降水入渗补给量之和，即产水量，作为平原当地的水资源量，把当地水资源量与山丘进入平原的水量之和，作为黄淮海平原水资源总量加以估计。黄淮海平原水资源的形成和转化过程，可用水循环概念模型表示（图2-1）。

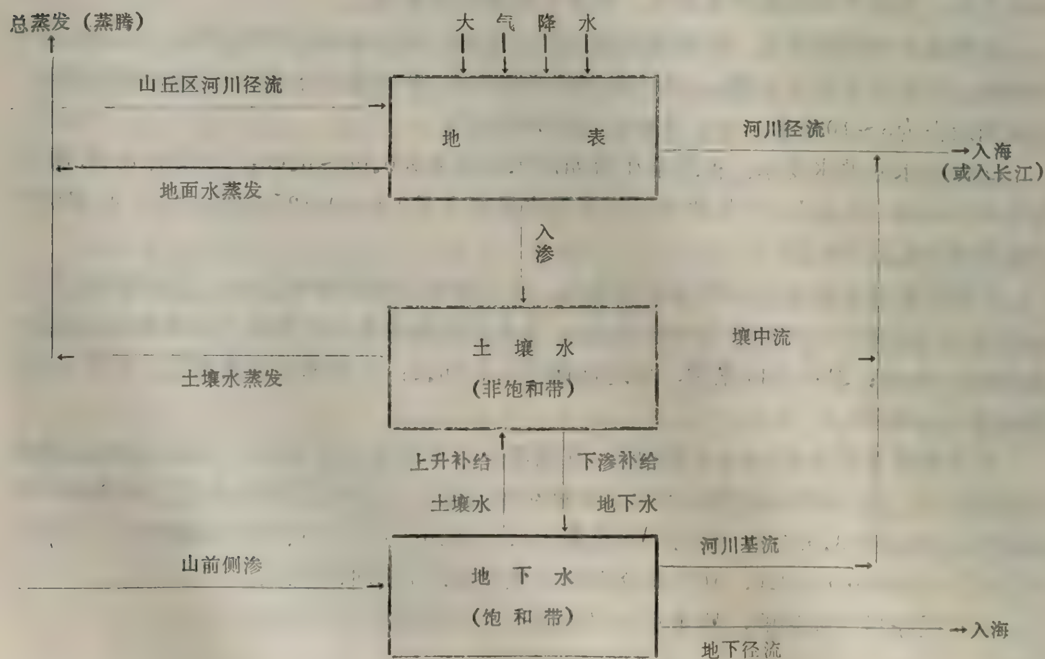


图2-1　黄淮海平原水循环概念模型

二、水资源的估算

1.降水资源

黄淮海平原多年平均降水总量约2,420亿立米，折合降水深726毫米。降水量的地区分布很不均匀，由南向北逐渐减少，从1,000～1,200毫米减少到400～500毫米，淮河平原年均降水量839.5毫米，黄河下游平原671毫米，海滦河平原573毫米（详见表2-1）。

表2-1 黄淮海平原年均降水量（1956～1979年）

分区		面积（平方公里）	年均降水量	
			（毫米）	（亿立米）
海滦河平原	滦河及冀东沿海平原	7,794	630	49.10
	海河北系平原	16,515	613	101.24
	海河南系平原	73,453	550	403.99
	徒骇马颊河平原	30,627	592	181.31
	海滦河平原	128,389	573	735.64
黄河下游平原	花园口以下	22,407	647	151.0
淮河平原	淮河下游平原	25,700	1013.4	260.4
	淮北平原	89,439	832.0	744.1
	南四湖湖西平原	22,637	705.5	159.7
	沂沭河下游平原	33,058	881.1	291.3
	泰沂山北及莱州湾沿海平原	11,867	659.2	78.2
	淮河平原	182,701	839.5	1,533.7
	黄淮海平原	333,497	725.7	2,420.2

黄淮海平原降水的年际变化，特别是季节性变化十分明显，降水主要集中在6～9月，四个月降水量占全年降水量的比例，淮河平原为60～70％，海滦河平原为65～85％。由于降水过分集中，在有暴雨的季节，常出现洪涝灾害，而在春季和初夏，小麦生长需水量最多的时期，降水稀少，没有灌溉条件的地区，往往受到干旱的严重威胁。

2.地表水资源

黄淮海平原的河流可划分为两种基本类型，即山区型河流与平原型河流。山区型河流发源于山区，下游流经平原地区黄淮海平原的主干河流，如黄河、淮河、海河、沂沭河和滦河等，均为源远流长的山区型河流，而冀东沿海和泰沂山北等地的河流，则属于源短流急的山区型小河。平原型河流是指源于平原区内的排泄涝水的雨型河流，如北排河、南排河、马颊河、徒骇河，以及淮北平原和南四湖湖西平原上的诸河。黄淮海平原主要河流的流域面积和河长见表2-2。

表2-2　黄淮海平原主要河流流域面积、河长表

水　系	河　名	流域面积（平方公里）	河长（公里）	水　系	河　名	流域面积（平方公里）	河长（公　里）
滦　河	伊逊河	7,060	195	黄河支流	金堤河	4,868	
	青龙河	6,500	196		天然文岩渠	2,555	
	滦　河	44,900	833	淮　河	淮河（三江营）	189,000	1,000
海　河	蓟运河	9,950	316		史　河	6,850	211
	潮白河	19,559	476		淠　河	6,000	248
	永定河	50,830	681		洪汝河	12,380	298
	北运河	5,300	238		沙颍河	39,880	557
	大清河	32,700	483		涡　河	15,890	382
	子牙新河	46,000	747		新汴河	6,562	128
	漳卫新河	37,200	655				
徒骇、马颊河	马颊河	8,657	428	沂沭泗河	沂　河	11,600	386
	德惠新河	3,260	173		沭　河	5,700	255
	徒骇河	13,638	417		红卫河	5,923	172

据1956～1979年同步期河川径流系列计算，黄（花园口以下）淮海流域年均河川径流量为1083亿立米，其中黄淮海平原当地河川径流量为426亿立米，仅占全流域的39.3%（见表2-3）。

表2-3　黄淮海流域河川径流量

单位：面积：平方公里；水量：亿立米

流　域	山丘区 面积	山丘区 年均径流	平原区 面积	平原区 年均径流	全流域（山丘＋平原） 面积	全流域 年均径流	不同频率年径流 20%	50%	75%	95%
海滦河	190,640	212.9	128,389	78.9	319,029	291.8	388	268	196	126
黄河*（花园口以下）	13,211	19.3	9,196	5.7	22,407	25.0	37	22	13	6
淮　河	144,742	429.7	182,701	341.6	327,443	766.5	1,035	714	514	307
黄淮海	348,593	661.9	320,286	426.2	668,879	1,083.3	1,386	1,040	812	531

* 不包括花园口以上来水量（446亿立水）

黄淮海平原当地分区河川径流量如后：海滦河平原为78.9亿立米，亩均69立米；黄河下游平原5.7亿立米，亩均约90立米；淮河平原336.8亿立米，亩均230立米。

黄淮海平原除当地河川径流外，还有来自流域上游山丘区的河川径流，它亦是黄淮海平原河川径流的重要组成部分。据估计，由山丘区进入平原的河川径流量（包括经

山丘区水库调蓄送入平原的水量），年均约934亿立米，为黄淮海平原当地河川径流量的2.2倍，其中海滦河约170亿立米，黄河干流约462亿立米（花园口以上来水446亿立米，山东大汶河约16亿立米），淮河约302亿立米（见表2-4）。

表2-4 黄淮海平原年均河川径流总量

单位：亿立米

分区	当地河川径流量	来自山丘区的河川径流量	河川径流总量
海滦河平原	78.9	170	249
黄河下游平原	5.7	462	468
淮河平原	341.6	302	644
黄淮海平原	426.2	934	1,361

3.地下水资源

黄淮海平原地下水贮存于第四系沉积地层中，含水层从山前至滨海总的变化趋势为：依次呈扇状、舌状和条带状分布，厚度由厚变薄，层次由少到多，颗粒由粗变细，水质由好变差，富水性由强变弱。

黄淮海平原浅层地下水主要为潜水，仅局部为微承压水。大部分地区浅层地下水为矿化度小于2克／升的淡水，咸水（大于2克／升）主要分布在海河中东部平原和冀东沿海一带、淮河流域的豫东平原和南四湖湖西平原的部分地区、以及苏北滨海平原，咸水分布区总面积约6.2万平方公里，占黄淮海平原总面积的19%，其中2～5克／升的面积约3.6万平方公里，占咸水分布区总面积的60%，大于5克／升的面积约2.6万平方公里，占咸水分布区总面积的40%。咸水分布区除滨海平原一带咸水体之上无浅层淡水分布外，大部分地区的咸水体呈夹层分布，咸水体的上下均有淡水分布，呈淡——咸——淡水质结构类型，咸水体之上的淡水多呈条带状分布，与古河道和现代河道的分布一致。

黄淮海平原浅层地下水的补给主要来自降水入渗、河流渗漏、山前侧向径流和渠系

表2-5 黄淮海平原多年平均浅层地下水资源量

分区		计算面积（平方公里）	地下水资源量（亿立米）	
			<2克/升	2～5克/升
海滦河平原	滦河及冀东沿海平原	4,252	10.48	
	海河北系平原	15,182	28.93	4.82
	海河南系平原	65,705	96.59	17.48
	徒骇马颊河平原	27,511	29.88	14.20
	小计	112,650	165.88	36.50
黄河下游平原	金堤河天然文岩渠平原	8,180	19.78	
淮河平原	淮河下游平原	22,619	34.09	6.36
	淮北平原	86,620	186.61	7.16
	南四湖湖西平原	20,732	38.43	5.84
	沂沭河下游平原	31,808	58.64	8.52
	泰沂山北及莱州湾沿海平原	11,865	20.99	0.77
	小计	173,644	338.76	28.65
	黄淮海平原	294,474	524.42	65.15

及渠灌田间渗漏等补给。我国通常把地下水的多年平均补给量作为可供开发利用的地下水资源量。

平原区大面积地下水资源量的计算，通常采用水均衡法，估算地下水的补给量。据估算，黄淮海平原浅层地下淡水（<2克／升）资源量为524亿立米，其中海滦河平原166亿立米，黄河下游平原20亿立米，淮河平原339亿立米，分区计算结果详见表2-5。

4.水资源总量

黄淮海平原水资源总量由两部分组成：一是平原区降水形成的产水量，即当地水资源量；二是由上游山丘区进入平原区的客水资源。

由于地表水与地下水之间存在相互转化的关系，故不能简单地把河川径流量与地下水补给量之和作为水资源量，应扣除两者之间的重复水量。河道和灌溉渗漏量以及河川基流量等，均为河川径流量与地下水补给量之间的重复水量。山前侧渗量虽然不是平原区的重复水量，但它属于平原区外的客水资源，在计算平原区当地水资源量时也应扣除。

据估算，黄淮海平原当地水资源量约771亿立米，平均产水模数24万立米／平方公里，其中海滦河平原175亿立米，产水模数13.6万立米／平方公里，黄河下游平原16亿立米，产水模数17.7万立米／平方公里，淮河平原579亿立米，产水模数31.7万立米／平方公里。分区估算结果详见表2-6。

表2-6　黄淮海平原年均当地水资源量（1956～1979）

水量单位：亿立米

分区		面积（平方公里）	河川径流	地下水资源量	相互转化重复水量		山前侧渗补给（区外入流）	当地水资源量 2+3-4-5-6	产水模数（万立米/平方公里）
					河川基流	河道与渠灌渗漏			
		1	2	3	4	5	6	7	8
海滦河平原	滦河及冀东沿海平原	7,794	6.94	10.48	0.87	3.81	0.38	12.36	18.5
	海河北系平原	16,515	16.05	28.93	3.07	8.39	2.98	30.54	13.2
	海河南系平原	73,453	39.93	96.59	7.85	27.12	4.50	97.05	11.5
	徒骇马颊河平原	30,627	15.94	29.88	4.23	6.43		35.16	16.9
	小计	128,389	78.86	165.88	16.02	45.75	7.86	175.11	13.6
黄河下游平原	金堤河天然文岩渠平原	9,196	5.69	19.78	1.87	7.34		16.26	17.7
淮河平原	淮河下游平原	25,700	64.0	34.09		7.74		90.35	35.2
	淮北平原	89,439	155.2	186.61	35.14	15.18	0.5	290.99	32.5
	南四湖湖西平原	22,637	22.4	38.43	4.84	8.26		47.73	21.1
	沂沭河下游平原	33,058	83.2	58.64	16.24	4.02	0.45	121.13	36.6
	泰沂山北及莱州湾沿海平原	11,867	16.8	20.99	2.32	5.77	0.48	29.22	24.6
	小计	182,701	341.6	338.76	58.54	40.97	1.43	579.42	31.7
黄淮海平原		320,286	426.2	524.42	76.43	94.06	9.29	770.79	24.1

黄淮海平原当地水资源量和流域上游山丘区进入平原的河川径流量与地下径流（山前侧渗）补给量之和，即为黄淮海平原水资源总量，年均约1714亿立米（见表2-7）。

表2-7　黄淮平原年均水资源总量估算（1956—1979）

单位：亿立米

分区	当地水资源量	山丘区进入平原区的水量			水资源总量
		河川径流	山前侧渗	合计	
海滦河平原	175.1	170	7.9	177.9	353.0
黄河下游平原	16.3	462		462	478.3
淮河平原	579.4	302	1.4	303.4	882.8
黄淮海平原	770.8	934	9.3	943.3	1714.1

5.水量平衡分析

水量平衡分析是研究区域水循环的一种基本方法，它依据物质守衡原理，从宏观上研究区域水量的收、支状况，对认识区域水资源的特点和转化规律，探求水资源的合理开发利用，都具有十分重要的意义。

水量平衡分析涉及很多要素，计算方案的选择主要取决于观察和考虑问题的角度，以及所能搜集到的有关资料的多少与可靠程度。这里根据已有的部分资料，对黄淮海平原的水量平衡，作一概略估算，从客观上给出一个轮廓认识。

黄淮海平原的水量收入项有当地的降水量、来自黄淮海流域上游的河川径流量和山前侧渗补给量、以及从外流域（长江）调入的水量；水量的支出项有腾发量，它包括水面蒸发、土壤蒸发和植物蒸腾等一切由液态水转化为气态水而耗散的水量。水量的支出项还有出境水量，即入海入江水量，主要以河川径流方式出流，地下径流出流很微弱，可以忽略。黄淮海平原的水量平衡方程式可列为：

$$P + W_{Rg} + W_a - W_o - W_e = \Delta W$$

式中：P——降水量；

W_{Rg}——从山丘区进入平原的水量（包括河川径流流入量和山前侧渗补给量）；

W_a——跨流域调水量（调入为正，调出为负）；

W_o——入海入江水量；

W_e——腾发量；

ΔW——平衡期始末平原区蓄存水量的变化值，在多年均衡条件下，可取$\Delta W = 0$。

据有关资料计算，黄淮海平原水量的总收入约3,393亿立米（折合水深1,018毫米），其中平原区内的降水量约2,420亿立米（折合水深726毫米），占总收入水量的71.3%，从黄淮海流域上游山丘区进入平原的水量约943亿立米（折合水深283毫米）占总收入水量的27.8%，从长江流域调入黄淮海平原的水量约30亿立米（折合水深9毫米），占总收入水量的0.9%。在多年均衡条件下，黄淮海平原水量的总支出，近似等于水量的总收入，即3,393亿立米，其中入海水量约865亿立米，入江水量180亿立米，入海入江水量合计

约1,043亿立米（折合水深313毫米），占总水量的30.7%，大部分水量消耗于腾发，约2,350亿立米（折合水深705毫米），占总支出水量的69.3%，黄淮海平原分区水量平衡计算结果列于表2-8。

表2-8　黄淮海平原多年平均水量平衡

分区	面积（平方公里）	进入水量							
		降水		山丘区来水		跨流域调水		合计	
		亿立米	毫米	亿立米	毫米	亿立米	毫米	亿立米	毫米
海滦河平原	128,389	736	573	178	139	40	31	954	743
黄河下游平原	22,407	151	674	462	2,062	−90	−402	523	2,334
淮河平原	182,701	1,533	839	303	166	80	44	1,916	1,049
黄淮海平原	333,497	2,420	726	943	283	30	9	3,393	1,018

分区	排出水量					
	入海入江		腾发		合计	
	亿立米	毫米	亿立米	毫米	亿立米	毫米
海滦河平原	156	122	798	621	954	743
黄河下游平原	367	1,638	156	696	523	2,334
淮河平原	520	285	1,396	764	1,916	1,049
黄淮海平原	1,043	313	2,350	705	3,393	1,018

6.水资源综合评价

黄淮海平原水资源量少，地区分布不均，时程变化大，水旱灾害频繁，且有土壤盐碱化的危胁，给水资源的开发利用和调度管理带来一些特殊问题。

（1）水资源不足，水土资源组合极不平衡　黄淮海平原当地水资源量为771亿立米，占全国水资源总量（27210亿立米)的2.83%，加上流域上游山丘区进入平原的客水量，即黄淮海平原水资源总量，约1714亿立米，也仅占全国水资源总量的6.3%，而黄淮海平原的耕地面积却占全国总耕地面积的18%。按耕地面积占有水量计算，黄淮海平原亩均当地水资源量289立米，不足全国亩均水量的1／5，把入境客水考虑在内,黄淮海平原亩均水量也只有全国亩均水量的1／3。可见，黄淮海平原地多、水少，水土资源极不平衡。特别是海滦河平原，水资源更加短缺，平均每亩耕地占有当地水资源量仅153立米，把山丘区客水考虑在内，亩均水量只有300立米左右。

据各省有关部门用水资料统计，黄淮海平原1978～1979年的年用水量已达800多亿立米，已超过黄淮海平原当地水资源量。一些地区，尤其是海河中东部平原，缺水问题已相当严重。随着工农业生产的发展，水资源的供需矛盾将更加尖锐。黄淮海平原，特别是海河平原，水资源供不应求，缺水问题已成定局。为了改变这种局面，除了充分挖掘本区水资源供水潜力，节约用水和合理用水外，应积极研究和实施南水北调工程，以便从根本上解决黄淮海平原水资源短缺问题。

（2）地表水时程变化大，洪涝旱碱灾害频繁，地表水资源开发利用难度大　黄淮

地区的径流受降水控制，年际变化悬殊，最大与最小年径流比值一般为5～20倍，高者可达50～60倍，以至有些河流在枯水年出现干涸现象，如淮河干流的蚌埠站达19倍，徒骇河1964年径流量为45.4亿立米，而1958年仅0.6亿立米，比值高达76倍。枯水年和丰水年常连续出现，亦是黄淮海平原径流年际变化的一个重要特点，如永定河曾发生连续11年丰水和连续7年枯水。

径流的年内分配也很不均，主要集中在夏季，连续最大四个月径流量占年径流量的50～80%，其中大部分又集中在7、8两个月。源远流长的河流年内分配相对比较均匀，而较小河流，特别是平原河流则非常集中。连续最大四个月径流量占年径流的比值，大体上自南向北递增。

由于降水和径流的年际变化大和连丰连枯年的经常出现，以及年内分配高度集中等特点，本区洪涝旱碱灾害频繁，几乎每年都有发生，只是受灾面积大小和轻重程度有所不同而已。据1950～1979年有关统计资料，旱灾面积超过3000万亩的年数，海滦河流域为11年，淮河流域为10年，旱灾面积超过5000万亩的年数，海滦河流域出现2年，淮河流域出现8年；洪涝灾害面积超过3000万亩的年数，海滦河和淮河流域分别发生4年和9年。1963年最为严重，海河流域洪涝灾害面积达7500万亩，冲毁了京广和津浦铁路干线，造成的直接损失达60亿元，淮河流域水灾面积达1亿亩以上，减产粮食43亿斤。黄淮海地区是我国水灾旱灾最严重的地区，1950～1979年受灾面积约占全国的一半。

盐碱与旱涝相随。黄淮海平原盐碱地面积1961～1963年曾发展到五、六千万亩，到1984年耕地中的盐碱地面积下降至2560万亩，滨海盐荒地1350万亩。二十年来盐碱地面积几乎减少一半，主要由于河道的整治、排水系统的兴建和地下水的普遍开发利用，同时，60年代中期以来，气候偏旱少雨亦是一个重要因素。从黄淮海平原整体的水盐动态来看，至今并未达到区域性稳定脱盐状态，若转为连续丰水年份，黄淮海平原仍然存在着大面积耕层土壤重新积盐的潜在危胁，若治水措施不当，还会再度招致盐碱化面积的扩大和发展。

本区地表水年际和年内变化特点，不仅给水量的控制和利用带来很大困难，而且还要考虑洪涝旱碱的综合治理，这就更增加了水资源开发利用的难度。

三、水资源开发利用

水资源是任何一个国家或地区发展国民经济和提高人民生活水平不可缺少的物质基础条件。水资源的开发利用，是指人类通过一定的工程措施，对天然状态下的水进行有目的干予、控制和改造，为社会经济的发展提供一定水量或水能的生产活动。这里的水资源开发利用，仅指水量方面，不涉及水能和其它水体形态的利用问题。

1.水资源开发利用现状

建国以来，国家一直对黄淮海地区的治理和开发工作十分重视。经过三十多年的努力，不仅对洪、涝和盐碱的治理取得显著成就，而且在水资源开发利用方面亦有巨大的发展，为工农业生产提供了大量水源，促进了国民经济的发展，改善了城乡人民生活用水条件。

黄淮海地区已修建大中型山区水库300多座，小型水库数千座，总库容近600亿立米（海滦河234亿立米，淮河358亿立米），控制山区面积达70%（海河84%，淮河60%）。

山区径流经水库调蓄，正常年份可供水300亿立米左右，除为当地提供水源外，大部分水量输入平原地区，山区水库已成为黄淮海平原特别是山前平原地区重要供水水源。平原水库（包括湖泊和洼淀）对调蓄山区弃水和平原当地径流有很大作用，平原水库总库容约300亿立米，但分布极不平衡，总库容的90%以上分布于黄河以南的淮河和沂、沭、泗河的下游地区。黄淮海平原还兴修了大量的提引河水的工程设施，提引能力达400多亿立米，其中包括跨流域调水能力约210亿立米（引黄约100亿立米，引江约110亿立米），黄河和长江已成为黄淮海平原供水水源的重要组成部分。据统计，黄淮海地区河川径流的利用程度已达40～50%，远远超过全国对地表水利用程度的平均水平（15%）。

黄淮海平原浅层地下水的开发利用亦居全国之首。自60年代中期开始，特别是1972年大旱之后，机井建设迅速发展，机井数量达140多万眼，井灌面积约1亿亩。地下水开发利用程度很不平衡，海滦河平原地表水资源比较贫乏，地下水开采强度最高，据1977～1979年三年调查统计资料，年开采量为147～153亿立米，其中浅层水124～131亿立米，深层水23～28亿立米。海滦河平原浅层地下水补给量为166亿立米，开采量占补给量的比值，即利用率已达80%左右，不少地区因过量开采而形成大面积地下水位下降漏斗。淮河平原地表水资源相对较丰富，地下水开采水平远远低于黄河以北地区，浅层地下水开采量仅80多亿立米，为多年平均补给量的25%，尚有一定的供水潜力。

2.水资源开发利用中存在的主要问题

水资源开发利用中存在的主要问题多与水资源短缺有关。

（1）地下水资源开发利用很不平衡，海河平原超采严重　平原地区适量开采地下水资源，有利于调节水循环，以地下库容调蓄降水和径流，提高水资源的利用率，对防涝和治理盐碱也很有益处。但持续地过量开采地下水，将导致地下水位的不断下降，形成区域下降漏斗和出现地面沉降，甚至造成地下水源枯竭。

黄淮海平原地表水资源少且时空分配不匀，而地下水资源分布广，水源相对比较稳定，因此，地下水资源的开发利用很快。全区每年开采地下水已达230多亿立米，其中浅层地下水约200多亿立米，占补给量的40%，开采强度之高，居全国首位。但在地区分布上很不平衡，海河平原浅层地下水利用率平均已达80%，一些地区由于持续超量开采，地下水位不断下降，形成大面积区域下降漏斗，仅河北省每年就超采地下水约20亿立米。随着地下水位的持续下降，开采条件不断恶化，机井出水量逐年减少，能源消耗和提水成本不断提高，而且适时用水得不到保证，已影响到工农业生产的发展和城乡人民生活的正常用水。

浅层地下水位下降幅度比较大的地区主要分布在京广铁路沿线两侧，由北京起，经保定、石家庄、邢台、邯郸、安阳、新乡至郑州和许昌一带，已形成几十个区域地下水位下降漏斗，漏斗面积从几十到上千平方公里，漏斗中心水位埋深一般10～20米，石家庄、邯郸等漏斗的中心水位埋深已达30米左右。

深层地下水强烈开采区主要集中在海河平原东部有咸水分布的地区，天津、沧州、衡水和德州一带的深层地下水漏斗已开始连成一片，面积约1万平方公里，漏斗中心水位埋深已达70～80米。天津市最大地面沉降量已超过2米，沧州地面沉降历时虽然不长，最大沉降量约0.3米，但沉降速度较大，地面沉降对城市建筑、各类工程设施、排水系统和生态环境等方面的危害是相当严重的。

另一方面，在地表水资源较丰富的黄河下游平原和淮河平原的大部分地区，虽然机井数量不少，但地下水开发利用程度较低，尚有一定的开采潜力。

（2）水污染日趋加剧　水资源本身既有量又有质的含义。水质低劣，不仅会失去水资源的经济价值，还会造成公害。

随着国民经济的发展，工业和生活废污水排放量日益增加。据国外经验，国民经济每增长一倍，污染增长20～25倍。我国生产技术和管理水平较落后，污染将比技术发达国家严重得多。我国的绝大部分污废水未加处理，直接排入地表水域，严重污染了水源和环境，给水资源开发利用带来许多问题。

据环保部门调查统计资料，海滦河流域年排放污废水量约31亿立米，占全流域多年平均径流量的11%（污径比为1：9），淮河流域污废水排放量约21亿立米，占全流域多年平均径流量的3%（污径比为1：36）。大量排放的污废水中含有60余种有毒有害物质，已使本区地表水和地下水受到不同程度的污染，有机污染超过地面水水质卫生标准的河段长5661公里，占调查河段长的41.1%，五毒污染超过地面水水质卫生标准的河段长5880公里，占调查河段长的41.8%。海滦河流域污染最为严重，居全国之首，淮河流域居第三位。

国家对防治污染已采取了一系列措施，并于1979年颁布了“中华人民共和国环境保护法”。由于经济和技术上的原因，除少数水域的水质有一定改善，大部分水域的污染有增无减，接纳的污废水量每年递增约8%，高于国民经济发展速度。若不严格执法，采取果断和有效的防治措施，严格控制污染，保护水源，其后果不堪设想。

3.水资源开发利用前景

黄淮海平原水资源不足问题引起国家和各有关部门的高度重视，投入了很多人力、物力和财力，对本区的水资源评价和供需分析与预测等方面，做了大量的调查分析和科学研究工作，取得了丰富的数据和研究成果。关于黄淮海平原严重缺水问题，各有关部门已经取得了比较一致的认识。综合各部门对黄淮海地区供需分析和预测资料，到二十一世纪（2000年）本区缺水约200～300亿立米，缺水最严重的是海河流域的京、津、唐

表2-9　海河流域现状供需水量分析＊

单位：亿立米

分区	不同频率年可供水量			年需水量	不同频率年缺水量		
	50%	75%	95%		50%	75%	95%
京津唐地区	122.4	106.1	83.1	149.62	27.22	43.52	66.52
山西能源基地(海河流域部分)	11.07	17.49	14.75	23.15	12.18	5.66	8.40
黑龙港运东地区	21.20	18.38	15.26	39.24	18.04	20.86	23.98
燕山山区和太行山山麓及山前平原区	158.50	142.24	130.07	181.13	22.63	38.89	51.06
徒骇马颊河地区	56.13	52.05	50.19	60.23	4.10	8.18	10.04
海河流域	369.26	336.26	293.37	453.37	84.11	117.11	160.00

＊引自“华北地区水资源供需预测和解决的战略措施研究（阶段报告）”，水利电力部海河水利委员会，1985.12

地区和黑龙港、运东平原。

据“六五”期间国家重点科技攻关项目第38项“华北地区水资源评价和开发利用研究”结果，海河流域现状需水量453亿立米，现状可供水量293～369亿立米，现状缺水量77～156亿立米；远景（2000年）可供水量（考虑到充分挖掘水资源的供水潜力）将增至345～436亿立米，需水量考虑到实施各种节水措施，仍将增加到547亿立米，供需相差很多，缺水达117～202亿立米（见表2-9、2-10）。

表2-10 海河流域远景（2000年）供需水量分析*

单位：亿立米

分区	不同频率年可供水量			年需水量	不同频率年缺水量		
	50%	75%	95%		50%	75%	95%
京津唐地区	136.4	116.3	95.7	177.03	40.63	60.73	81.33
山西能源基地(海河流域部分)	31.76	29.13	27.45	34.68	2.92	5.55	7.23
黑龙港运东地区	19.25	17.03	14.47	52.38	33.13	35.35	37.91
燕山山区和太行山山麓及山前平原区	181.34	161.26	145.59	198.11	16.77	36.85	52.52
徒骇马颊河地区	66.88	63.39	61.67	84.43	17.55	21.04	22.76
海河流域	435.63	387.11	344.88	546.63	111.00	159.52	201.75

*资料来源同表2-9

从表2-9、2-10可看出，无论现状还是远景，本区可利用的水资源量都不能满足国民经济发展和提高人民生活水平的需要，水资源问题已成为黄淮海平原工农业生产发展的制约因素。解决本区严重缺水的根本措施是实施跨流域调水工程，从水量丰富的长江调引部分水量，接济黄淮海平原，特别是海河平原。

自50年代后期以来，对跨流域调水解决华北严重缺水问题，已经做了大量的勘测规划和科学研究工作，尤其是70年代以来，就近期的调水方案做了比较深入的研究，已经取得了比较一致的认识。主要调水线路有东线和西线两个方案，各方案有其合理的供水范围，两个方案不能互相取代。由于东、西两条线路的工程规模都很大，需要巨额的投资，国家的财力有限，两个工程不能同时兴建，国家已批准了东线调水工程可行性研究报告。东线工程实施后，可为海河平原东部的天津市、黑龙港、运东和徒骇马颊河地区提供比较可靠的补充水源。

第二节 引黄灌溉

引黄灌溉在河南、山东两省不断稳定发展，历经反复曲折，截至1985年底引黄灌区已有86处，年引水量约100亿立米，灌溉抗旱面积达2000万亩，已占平原自流灌溉面积的一半。30多年实践证明，引黄灌溉是否运用得当，不仅直接关系到黄河两岸农业生产的丰欠，而且还影响黄淮海平原的治理，确有举足轻重之势。

一、引黄灌溉的作用、特点、历史及现状

1.弥补本区水资源的不足

黄淮海平原的降水主要受太平洋季风的强弱和雨区进退的影响，地区分布极不均匀，季节间和年际间变化更是剧烈，降水的剧烈变化造成河川径流的多变。平原的地下水源也来自降水补充同样也有较大幅度的年际变化。黄河两岸及海河流域属半干旱气候区，年降水量一般在600毫米左右，由于60%以上集中在夏季，平原蓄水条件又差，降水有效利用率低。据水利部门统计，黄淮海平原耕地的亩均水量以水资源总量计为356立米，约相当于全国亩均水量的20%，其中尤以海滦河流域为最少，亩均水量只有244立米，由于55%的河川径流量来自山丘区，而78%的耕地集中分布在平原区，故除了山前平原地带水资源比较丰富外，大部分平原地区属于少水或缺水区。如沿黄河的鲁西北地区每年需水量160亿立米，能利用的自然降水只有61亿立米，所以从水资源总量及其时间、空间分布看，难以满足当前工农业生产和今后发展的需要，必须引用客水补充。

北方地区地面水严重不足，为了发展农业生产，50年代即积极开发利用地下水。随着我国工农业的发展，60年代普遍发展机井，黄淮海平原是重点开发地区，至1979年底配套机井数已达134万多眼，地下水开采量为281亿立米。1981年底，冀、鲁、豫三省的井灌面积分别占总灌溉面积的75.3%，50%和59.5%，井灌在农业增产中发挥显著作用。但由于长期过量集中开采，以致部分地区地下水位持续下降，北方地区，已出现50多处地下水位降落漏斗。即使沿黄河的新乡地区，区内既有黄河侧渗又有引黄灌溉补给，从全区看，地下水位亦呈连年下降趋势。

平原还有一部分贫、咸水地区，地下水难以利用，更需引用外水以解决工农业及人畜用水。如河南商丘地区有338.6万亩贫水区，约占全区总耕地面积的33%，主要分布在黄河故道堤南，据抽水资料，降深达10米左右，单井出水量小于20吨／小时，一眼井浇地最多30～50亩，而抽水影响范围却达300～400亩，这类地区单靠机井灌溉不能解决问题。据河南省地质局水文地质大队初步调查，开封、商丘两地区地下盐碱水（矿化度超过3克／升）的面积有110余万亩，约占总耕地面积的6%。山东省地下水咸水区面积约占总面积的1／4。滨海地区地下水矿化度很高，一般超过10克／升，有的地区高达50克／升以上，这类地区的生产，生活用水必须依赖外来淡水，属重点缺水地区。

无论从全区水的供需关系分析，还是鉴于局部地区存在地下贫、咸水分布的客观现实，近期水土资源难以达到自然平衡，今后随着工农业生产的发展，水量供需矛盾将会更加突出。黄河是本区最主要过境水源，是一项可资利用、不可缺少的宝贵资源，引黄对平原的工农业生产和人畜用水都是十分必要的。

2.黄河水资源主要特点

黄河花园口水文站的径流量通常代表黄河的河川径流资源。该站多年平均实测径流量为470亿立米，河川径流主要来自流域降水，故径流的年内集中程度和年际变化都比较大。据花园口站1919～1974年资料，多年最大年径流量为940.3亿立米，最小为273.5亿立米，黄河下游近十多年来几处主要水文站测得的流量变化见表2-11。河源水位、流量年内变化悬殊，年际间也因河床淤积变化很大。黄河水位、流量不但有季节性的变化，而且日内变化起伏有时相差0.1～0.4米，干旱年份还出现大河断流现象，最长达半

表2-11 黄河下游流量变化

(1970～1982年平均)

单位：立米/秒

站别	3～6月	7～9月	10～12月	年平均流量	年最大流量	年最小流量
高村	739	1977	1308	1141	9060	0
利津	414	1694	1271	983	8020	0

个月之久。

黄河含沙量之多属世界首位，年平均输沙量高达16亿吨，近30年来黄河花园口断面平均每年约淤高4.3米，引水含沙量平均高达21.7公斤／米^3。河水泥沙主要来源是黄土，颗粒较细，据下游各站测验资料，平均粒径为0.0296～0.0377毫米，小于0.05毫米的占70～79%，小于0.025毫米的也占13～53%。泥沙全盐含量小于0.05%，肥分也较高，据化验，每吨沙含氮1.0公斤，磷1.5公斤，钾20公斤。这类性质的泥沙用作灌溉，对沙碱洼地的改良是很有利的。

黄河来沙主要在汛期，据1971～1978年花园口站测沙量统计，8月平均含沙量高达67.7公斤／立米，引水量汛期比非汛期小而引沙量中汛期却为非汛期的4倍多，如果此期间不引水或少引水，入渠沙量可减少，还可避免内涝灾害。

黄河水质优良，据分析，矿化度一般为0.3～0.5克／升，以重碳酸根为主，适用于农田灌溉，工业和人畜饮用。

引黄灌溉在工程技术和用水管理方面必须考虑黄河水源的多变性，尤其要注意含沙量高这一特点。

3.引黄灌溉的历史和现状

1951年开始兴建人民胜利渠灌区以来，引黄灌溉大体经历了四个阶段：

(1) 1957年以前引黄工作遵循自然和科学技术原则稳步发展，从规划设计到施工管理，科学研究都比较正规，那一时期修建的工程质量高，配套较齐全，重视管理，增产效益显著。如人民胜利渠灌区至今作用仍发挥得较好。

(2) 1958～1960年，由于平原地区错误的治水方针，盲目发展引黄灌溉，没有认真处理泥沙，没有相应建立排水系统，全面大引大蓄大灌和大量种植水稻，使灌区地下水位急剧上升，招致大面积次生盐碱化和加重了内涝。豫鲁两省盐碱地面积1951年约1100万亩，1961年达到2400多万亩，增加了一倍多；平原涝灾面积由1958年前的1180万亩增加到2460万亩。于是不得不停止引黄灌溉。

(3) 1961～1964年，基本停止引黄，大搞以除涝治碱为中心的农田基本建设，挖沟排水，打井灌溉，地下水位逐步降低，农业生产逐渐恢复。

(4) 1965年以后，由于连续干旱，井灌后平原地下水位下降。井灌较难满足大面积灌溉需水要求，在除涝已见成效的基础上，自1965年开始恢复引黄灌溉，截止1985年止，豫鲁两省已有引黄灌溉面积2000万亩。但由于十年内乱中规章制度遭受破坏，盲目提倡大干，追求新建项目（这一时期所兴建的引黄工程数量最多），放松了现有工程管理，所以在灌排工程配套、用水管理、泥沙处理等方面均存在不少问题，从而使工程不能充分发挥应有效益。

4.引黄灌溉的投资、效益和成本

据河南、山东两省调查，达到干支斗农四级灌排配套的引黄灌溉工程，每亩投资一般在30元。若支渠以下基本无工程则亩投资约10多元。一般低于水库灌区。

从多年实践来看，一般是天气越干旱，引黄灌溉效益越大，对小麦增产显著，而对秋作物效益视汛期降雨大小而定，旱年增产，丰水年减产，平水年则不增或稍有增产，夏秋增减相抵，每年平均仍然增产。据引黄灌溉面积较大的地区河南原阳、中牟、开封等十个县、市和山东鲁西北四区一市统计，前者粮食总产1982年比1966年平均增长128%，为河南省平均增长率的1.7倍，后者1980年小麦总产39.5亿斤，1985年达到113.5亿斤，增长了近二倍。人民胜利渠等五个引黄灌区粮食亩产已达450公斤以上，250～450公斤的灌区有九处。再以引黄面积较大的山东齐河、平原县和水源缺乏、基本不引黄的夏津县相比较，1972～1981年十年平均，齐河、平原比夏津每亩增产20.25公斤。以平原县引黄10年来与灌前相比，黄河灌后夏粮持续增产，10年平均总产比灌前增加一倍，每亩增产43.5公斤。十年平均夏秋粮每亩增产33公斤，水利增产按50%计，每亩约增产26.5公斤。山东省用于引黄灌溉的国家投资累计1.8亿元，多年平均每亩增产按20公斤计，引黄复灌以来累计增产30亿公斤，价值12.6亿元，约为国家用于引黄投资的7倍。人民胜利渠引黄三十年，粮食增产8.3亿公斤，棉花增产0.64亿公斤，增产价值4.4亿元，为总基本建设投资2494万元的17.7倍。

引黄灌溉的成本最主要的是清淤费用，据山东几个引黄灌区调查估算，单方水成本（包括每年的泥沙处理费，基建折旧费，管理费，油料费四项）约1～2分，若每年灌三水，亩灌溉水量以300立米计，则年灌溉成本每亩合3～6元。约相当机井灌溉一次的成本。

二、引黄灌溉需要注意的几个问题

1.正确的合理利用和改造生物圈

发展这一地区的农业生产的任务和目标，是对盐渍化农田生态系统进行综合利用、综合治理、综合发展，加以人工改造与调控，克服限制因素，发挥农业生态潜力，创造高质量农田生态系统，使旱涝盐碱低产地区逐步实现农业现代化。

水利是改造生态环境的一种事业，它是通过蓄水和引水来调整水的时、空分布，用灌溉和排水来满足生物的水量平衡和生态环境。解放以来，为治理旱涝、盐碱等灾害采用过农业、水利、林业等各种措施，在治水的学术方面也存在着灌排之争、蓄排之争、引与停（引黄水）之争、渠灌与井灌之争、灌排合一还是灌排分设之争，这都是系统中的各个方面，各个子系统，在系统中各占有自己的地位，有其本身不可代替的功能，但都不是整个系统。研究、利用、改造和创造农田生态系统这样复杂的大系统，靠"单打一"，"头痛医头、脚痛医脚"和绝对化的观点和方法，是不能取得预期效果的。旱涝碱三害并存又相互联系、制约的特点，不能孤立地解决某一问题，不顾条件大规模引黄带来的恶果以及后来废除引黄所造成的损失，人们记忆犹新。历史的教训促使我们在研究盐渍化农田生态系统时，必须从片面性和绝对化的哲学框框中解脱出来，建立系统论的观点和方法。

2.妥善处理好泥沙

近10年来引水含沙量平均达21.7公斤／立方米，引黄渠系比降平缓，挟沙能力低，因而引黄灌区内渠沟淤积问题突出，清淤成为沉重的负担。泥沙淤积的比例从人民胜利渠资料来看大致是：沉沙池占36%，灌溉渠系占22%，20%带入田间，5.4%淤在排水系统内，16.6%因济卫、济津没有沉沙，淤在卫河内。据20个重点引黄灌区调查，每年主要渠道清淤量就达1450万立方米，退入排水河道的沙量按年引沙量1.5亿吨的10%计，即有1500万吨（1100万立米，若每立米清淤费为2元，需经费2200万元。泥沙沉落位置不同，其影响、利弊程度有别，清淤难易程度也有异，应当在尽可能少引沙的基础上，力争做到引进的泥沙大部沉积在沉沙池内，小部分细颗粒泥沙带入田间，极少量泥沙淤积在各级渠道内，避免泥沙沉积在排水河沟里。

3.调控地下水位

潮土在黄河冲积平原分布较广，它是近代黄河泛滥沉积物，地下水直接参与成土过程。潮土中占比例较大的粉砂壤土，毛管性能强，当地下水埋深浅于临界深度时，因干旱蒸发作用，含盐的地下水通过土壤毛管作用升达地表，水去盐留，变为盐碱地。气候、地形、地面植被、土壤、地下水埋深和矿化度等诸因素构成一个相互联系和制约着的系统，影响和控制着水盐的垂直运动。在一定位置，土壤（主要是质地）和地形可视为相对稳定的因素，而气候和地下水埋深则是十分活跃且在一年内呈周期性波动的影响因素。地下水位的高低是土壤脱盐和积盐的关键。在目前情况下，人们还难以改变气候条件，但地下水埋深既受气候因素制约，又在很大程度上受人类灌溉排水活动的影响。回顾50年代后期，平原地区在以蓄为主的治水方针支配下，大规模引黄灌溉，忽视排水和综合措施，破坏了生态环境，招致了一场严重的盐灾，涝害加重，使冀、鲁、豫平原广大地区的农业生产和人民生活受到极大损失。其主要原因在于无排水或排水不足情况下，长时期和大量灌溉，使进入量远远超过排出量，破坏了原来的水量平衡，造成地下水位急剧升高。1958～1960三年绝大部分地区潜水位上升到离地面不到2米，使该地区向着渍水和土壤盐渍化方向发展。如人民胜利渠在综合开发水利资源的口号下，沿渠大修阻水工程，抬高水位建动力站，三年中每年引水都在300天以上。结果是：淤积极为严重，灌区地下水位迅猛上升，平均埋深由1957年的1.8米上升到1.33米；次生盐碱地迅速发展，到1961年，全灌区盐碱地面积由1957年的9.6万亩上升到28.3万亩；产量则急剧下降，1961年粮食亩产96.5公斤，接近灌前88.5公斤的水平。1963年以后，为恢复灌区水量平衡，采取减少引黄水量，挖沟除涝，打井灌溉开采利用地下水等措施，使地下水位普遍下降，1965年埋深2.54米，盐碱地面积很快下降到10.82万亩。灌区粮食亩产也缓慢增长到222.5公斤，棉花达到42.7公斤。

4.制定一套完整、可行的引黄规划方案

制定好规划方案除必须调查分析大量有关资料外，特别要注意协调好以下矛盾：首先，旱涝碱淤是引黄灌区普遍存在的问题，四者之间存在着联系，有的互为因果。如引黄灌溉虽可解决旱的矛盾，但大定额地面灌溉的结果势必抬高地下水位，诱发渍涝盐碱。同时引黄带入的泥沙淤积沟渠，影响排水排盐效果和输水能力，也会加剧涝碱问题。所以必须对“四害”实行统一规划，综合治理，协调关系，达到趋利避害的目的。其次，黄河河床高悬，借堤防保两岸之安全，黄河决口成灾的危险根源依然存在，因此撇开黄河的防洪保安，就谈不上沿黄地区的治理。近年来黄河河床平均每年淤高几厘

米，排涝能力平均每年约降低200～300立米／秒，而河床淤积抬高的直接原因是小水期的淤积，这与旱季（黄河枯水期）的引黄有一定关系，为此需要综合考虑治黄与开发利用黄河水资源的关系，统筹解决“黄河”一条线，“两岸”两大片的矛盾。再次是引黄灌区一般范围较大，少则几万亩多则几百万亩，大多为几十万亩，水在各地区、各部门之间利害往往不一致，如果各搞各的规划，就难免发生对整体无利的水利或水害搬家，其结果不仅损耗国家资财，还会引起地区间或部门间的水利纠纷。为此需要处理好局部与整体，当前与长远之间的关系。

三、主要技术措施

引黄灌区除具有一般灌区的灌溉、排水技术问题外，尚需考虑：

1.处理泥沙与利用泥沙相结合

泥沙处理是引黄成败的关键，由于含沙量大和它的多变性，工程建设又受地形条件的限制，给泥沙处理带来许多困难，至今对此仍未取得圆满结果。但是多年引黄灌溉的实践和科学研究，积累了一条最根本的经验，那就是需要从防、输、沉、改、用多方面入手才能奏效。

（1）防　防止泥沙入渠，包括工程和运用两个方面。黄河水的含沙量年际和年内变化都很大，如1933年输沙量高达39亿吨，而1965年仅4.5亿吨。每年输沙量的85％集中在7～10月的洪水期内，其中又集中在几场洪水过程，如1977年7、8月两场洪水的泥沙量达18亿吨，为当年总输沙量的90％，最大瞬时含沙量在花园口为546公斤／立米。三门峡水库1960年运行后，黄河下游水沙结构发生了很大变化，和运行以前比较，汛期泄洪携沙量增大，非汛期黄河含沙率减少，故在引水上应掌握春季尽量多引，汛期少引，洪水时不引，以减少入渠泥沙。人民胜利渠灌区由于采用这一措施，各年度引水含沙量与同年黄河沙含量的比值除个别年份外，一般都小于1，多年算术平均比值为0.55。引水即引沙，如果能设法减少引用黄河水量同样能起到减少入渠泥沙。故在引黄灌区尤其要重视推广节水措施，加强管理，避免或减少渠道泄水。

从长期引黄实践和现有河道的条件看，口门防沙较困难。一因河道引水无控制，二因来沙较细，在河道主流和河床不断变化的条件下，不仅引水无保证，而且进粗沙。为此，河南宽河段，口门的泥沙问题主要是如何保证引水和减少挖淤负担的问题，山东窄河段主要是减少粗沙入渠。黄委会水科所等单位在人民胜利渠研究的网帘防淤，机船冲淤拖淤和4PL-250型泥浆泵开挖淤死的引水渠等三种口门防淤和减轻引渠清淤负担的技术措施是可行的。

（2）沉　引黄不搞沉沙是饮鸠止渴，虽局部、当前受益，但大局、长远遭害。沉沙池是引黄工程中的重要组成部分，用它来处理粗粒泥沙，不仅减少了水中含沙量，而且改变了沙样级配，降低了原沙样的沉降速度，由于沉降速度是直接关系挟沙能力的主要因素，故沉沙池的作用主要还是增加渠系的挟沙能力。

从引黄灌区沉沙池运用情况来看，一是要妥善解决沉沙与生产的矛盾。为有利农业生产，沉沙池要实行沉沙改土耕种三结合，采取有计划地分条(块)输沙轮种，逐渐淤到设计高程，在还耕前，要利用汛期泥多沙少的季节，放淤盖沙。二是要考虑沉沙池侧渗对周围农田的影响。条形比湖泊形沉沙池影响要小，故在条件许可时宜采用条形（橄榄

状）。沉沙池周围影响区宜种植水稻（用机井提水灌溉）或开挖截渗沟。三是要有长远打算。因为黄河泥沙问题将会在相当长的时期内存在，因此对那些可作为自流沉沙池的地点都要周密规划安排，精打细算节约使用。过去这方面注意不够，如人民胜利渠1958～1960年三年引沙1.086亿吨，相当三十年总引沙量的35%，沉沙池容积被消耗掉三分之一，这是个巨大的浪费。

（3）输　采用工程或管理措施，加大渠道挟沙能力，将泥沙送到田间。一般是按一个标准流量或最大流量设计渠道的过水断面和校核渠道的挟沙能力。渠道引水流量不足，流速降低，有关的水力和渠床断面因子随之变小，势必造成渠道淤积。如人民胜利渠西干一支渠，在1960年104天引水中，流量小于0.7立米／秒的时间占一半多，大于1.4立米／秒的引水只有三天，分别只有渠道设计引水流量1.7立米／秒的41%和82%，渠道发生严重淤积。人民胜利渠等灌区为加大水流挟沙能力，采用大流量短时间的集中用水方法，当渠道配水量小于设计流量的70%时，重新改变轮灌组合。

从资料推导的几个渠道挟沙能力公式表明，挟沙能力与流速的三次方成正比，而流速又与渠道比降的1／2次方成正比，因此加大比降是提高挟沙能力的有效措施。如比降加大一倍，挟沙量增加2.8倍，故在设计或改造渠道时，应尽可能利用地形条件，加大干支渠比降，多输沙到田间。同时对于长期输水的渠道进行衬砌，一般土渠糙率为0.02以上，而混凝土护面的渠道糙率为0.014～0.015，糙率减少即可加大挟沙能力。在相同水力泥沙因子条件下，不同糙率计算的流速与挟沙比较见表2-12。计算结果表明，糙率对流速和挟沙能力的影响都很大，尤以对挟沙能力的影响最敏感。即每当糙率因素增大0.001，挟沙能力要降低10.9公斤／米^3，下降近20%。故在黄河下游地面坡降受限制的条件下，用光滑面护面衬砌是减少渠道形态阻力，增大水流流速和输沙能力的重要途径之一。早期和较大渠道的衬砌断面形态多以梯形断面为主，随着衬砌工艺水平的提高，近年逐步向最优水力断面方向发展，即在大型干、支渠，仍以梯形断面为主，斗、农等下级渠道则逐步向半圆和U型渠槽的方向发展。特别是有了田间一级一次施工成型的渠道衬砌机具后，更加快了这种趋势。

表2-12　不同糙率相同水力泥沙因子的流速与挟沙比较

糙率 n			流速V（米/秒）			挟沙能力e(公斤/米^3)			说明
n	差值	%	V	差值	%	e	差值	%	
0.0225	0.0085	60.7	0.628	0.382	37.8	14.2	44.31	76.0	水力半径R＝1.0米
0.020	0.006	42.8	0.707	0.303	30.0	20.0	38.33	65.7	渠底宽B＝3.0米
0.015	0.001	7.1	0.943	0.067	6.6	47.47	10.86	18.6	渠道纵坡J＝1/5000
0.014			1.010			58.33			湿周W＝0.08

（4）用　黄河泥沙有浓、细、肥三大特点，其含沙量居世界各河之首，多年平均含沙量达27.1公斤／立米。据花园口水文站1961～1970年资料，粒径小于0.05毫米的占69.1%，汛期泥沙中的沙粒、粉粒和粘粒分别占15%、45%和40%。黄河淤泥含有较高的养分（见表2-13），其中速效磷对黄河两岸缺磷土壤更为有利。这些特点为泥沙利用提供了有利条件，据豫、鲁两省初步统计，两省累计淤改面积已超过了300万亩。

表2-13　黄河泥沙养分含量

采样地点	土质	全磷（%）	全钾（%）	全氮（%）	速效磷（ppm）	速效钾（ppm）
水驿	粉砂壤土	0.138	2.15	0.0219	5.0	97
	粘土	0.140	2.38	0.0731	14.0	363
閤寨	粘土	0.146	2.56	0.0704	15.6	416
	粉砂壤土	0.112	2.28	0.0286	4.7	183
	粘土	0.150	2.41	0.0729		381
	粉砂壤土	0.134	2.09	0.0321		191
	粉土	0.142	2.56	0.0515		546

注：中科院南京土壤研究所化验资料

利用泥沙的方式主要有：沉沙结合淤地；用机械形成高浓度泥沙，淤背固堤；围堤放淤和稻改结合淤灌等。山东省水科所还将黄河泥沙配以水泥等研制出水泥土材料，用作渠道衬砌防渗、民用建筑砖块等亦已获得成功。由于广泛地开辟了泥沙利用的途径，人们逐渐认识到泥沙也是一种可为人民造福的财富。

2.建立完整的排水系统

引黄渠灌多采用地面灌溉方式，水量浪费很大，如从干渠入口算起，每亩次的灌溉用水量一般均在150立米以上，如田间灌水定额每亩为50立米／亩，水的利用率仅为0.33。地面水通过深层渗漏转化为地下水，在潜水位埋深浅，土壤蓄水库容小的地区，渠灌抬高地下水位将是不可避免的。因此，在平原引黄地区，为排除降雨的地面径流和灌溉退水，防止或减轻土壤渍害，增加地下水出流，调控地下水位，“排”是普遍性的必要措施。根据80年代初在人民胜利渠灌区和山东刘庄灌区两地的水盐平衡观测试区资料，通过排水沟排泄的水量分别占总去水量的26.7％和45.2％，分别为总来水量的39.6％和43.9％。从田间到骨干的排水系统在水盐平衡中起了重要作用，水位的调节通过水量的平衡得以实现，特别是骨干排水沟对排除地下水，控制地下水位的作用更为显著。如河南人民胜利渠灌区的东孟姜女河（骨干排水沟），1965年从原河深1～1.5米疏浚加深到4～5米后，全年排水排盐，增强了地下水出流，改变了地下水径流方向，截断了古黄河滩地对堤下背河洼地的补给。据1972年调查，排水最大影响范围约1000米左右，邻近排水沟两侧200～300米内，地下水埋深常年在2米以下，土壤稳定脱盐，在500米范围内，土壤盐碱明显减轻，原来大片盐碱地成了零星盐斑地并逐步开垦为农田。田间排水沟是除涝治碱工程的基础，包括斗、农等各级固定沟，在土壤透水性不良或盐碱重的地块还需增设临时性排水毛沟。据在河南新乡县洪门乡观测，由于开挖了田间排水沟（沟深1.3～1.5米，沟距200～300米），两次连续降雨214毫米情况下，农排的排水天数为32天，排出水量占降雨量的16.7％，每平方公里的排盐量为150.6吨，一米土体平均脱盐率有、无毛排的分别为50％和25％。另据山东打渔张灌区冲洗期间测定，排盐量有毛排的比无毛排的提高一倍以上，田间水入渗速度增大1～1.5倍。

3.运用多种灌溉方式

黄河水沙资源的特点和沿黄地区自然条件的差异，导致灌溉方式上的多种多样形式。

（1）引黄自流渠灌与井灌结合　井渠结合的形式有井渠并用，井灌渠补和渠井汇流三种，目前以第一种最多。如人民胜利渠灌区工程设施面积118.3万亩中，约有80万亩属于这种类型。这类地区有渠又有井，实行地面水和地下水联合运用。在需要灌水的时期，渠道有水用渠灌，渠水未到用井浇；水稻泡田用渠灌，育秧及生长期补水用井浇；大面积干旱，渠道放水用渠灌，个别地块需水用井浇；在一般情况下，从控制地下水位上升，防止土壤次生盐碱化考虑，汛期及冬灌用井灌，其它时期则用渠灌。由于水源、土壤条件、作物种植、产量要求水平的不同，同属这一类型的不同地区，井渠用水比例不完全一样，井的密度也有差异。一般灌区上游用渠水较方便，机井密度较小。粮棉高产区，农作物对用水的保证程度要求较高，加上受轮灌影响，渠水不能完全满足适时灌水的要求，井灌的比重较大。1982～1983两年，在灌区不同用水区域调查了20个大队，求得井渠用水比值（P）为0.29，利用经验公式算得地下水上升值ΔH为0.17米，与全灌区80多眼地下水观测井的实测结果，基本吻合（见表2-14）。渠灌引水量1982年和1983年分别为4.24亿立米和3.79亿立米，由此推算出灌区井灌开采地下水量这两年分别为1.73亿立米和1.38亿立米。分析认为，在当前的条件下，这样的井渠用水比例，尚不能完全稳定地下水位，今后应充分发挥井灌的作用。

表2-14　人民胜利渠灌区井渠用水比例与地下水关系

时段＼项目	全灌区井渠用水比例(P)	按公式：$\Delta H=0.55-1.31P$ 计算的地下水位升高	实测地下水埋深（米）			绝对误差
			起	止	升	
1981.10～1982.9	0.29	+0.17	2.65	2.48	+0.17	0.00
1982.10～1983.9	0.29	+0.17	2.48	2.28	+0.20	0.03

（2）井渠结合，引黄提灌　山东茌平灌区自1983年开始建立2万亩综合治理试区，经过三年时间，初步建成了沟路林井电布局合理、配套齐全的工程体系，把排、灌、蓄有机地结合起来，能够人为地控制区域水盐运动，从而为农作物的正常生长发育以及高产稳产提供了良好的水利条件。

从试区几年来灌排工程的运行状况分析，井渠结合、引黄提灌的工程体系，在当前灌溉水平较低的条件下尚能较好地控制灌溉水量，减轻灌区盐碱、渍涝灾害，改善农业生产条件，在有限的耕地上，生产出更多的粮棉。如1985年7月23日夜降雨213毫米，历时7.5小时，降雨强度达30.4毫米／小时，是建国以来最大的一次暴雨。在试区工程体系控制范围内，由于坚持井灌，合理引黄，及时腾出地下库容，地表水三天完全排出，地面无积水，区内地下水仍控制在0.5米以下，没发生渍害。而在同一时期，试区外农田大面积积水，作物受渍涝。

（3）引黄补源，抗旱灌溉　由于黄河水量在春灌季节不稳定，灌区内工程配套很差，现有引黄灌区大部分一年灌水2～3次，基本上属抗旱性质。利用大型河、沟输水和蓄水要注意水位调控和解决好汛期排涝和汛后排盐的矛盾，保证汛期排水畅通。井灌补

源区应按地下水位的要求补水，一般每年补一次水，时间可放在秋末，冬灌或春灌开始时，以避免黄灌、井灌相互干扰。还要根据黄河含沙量大小、补源形式、灌区清淤时间通盘考虑。负担黄灌和补源面积较大的灌区，要有一定的蓄水措施，可适当提前引水和蓄水。滨海盐碱地区，可考虑在适宜地点修建小型平原水库，蓄存黄水解决人畜和工农业用水。

（4）引黄种稻结合淤灌改土　如原阳县背河洼地中有25万亩耕地，过去是“冬春白茫茫，夏秋水汪汪，遍地蛤蟆叫，产碱不产粮”的穷地方。1967年兴建了韩董庄串堤闸，在原武公社开始引黄种稻3000亩，获得成功，逐步推广到全县，到1985年，引黄种稻面积25万亩，占全县引黄灌溉面积的45％。农业生产面貌发生很大改观，1967年前全县粮食总产低于0.75亿公斤，人均农业产值一般40～90元，自1979年以来，粮食总产已超过2亿公斤，1982年人产粮食超500公斤，人均农业产值284.9元。

（5）引黄放淤灌溉　利用黄河含沙量高的特点，汛期抓住有利时机放淤改土是一项行之有效的成功经验，有的引黄灌区如河南的赵口、山东的阎潭等就是以放淤改土为目的而兴建的。山东刘庄灌区总结出一套沉沙结合淤改的经验。在灌区上游的背河盐碱洼地，有计划地在秋后至封冻前修筑沉沙池，春灌启用，麦收后放水落淤，在运用中调整输沙渠和沉沙池纵坡，加大流量，增植柳坝，束水攻沙，把黄河水沙送入沉沙池内不淤渠系，保证抗旱送水。到汛期放水，使沉沙池或淤改区落上一层颗粒细的淤泥，这样既解决了引水灌溉的泥沙问题，又抬高了背河洼地，改良了土壤。用经过沉沙后的清水灌溉，减轻了灌排系统的淤积。沉沙淤改前的刘庄灌区，粮食平均亩产徘徊在50～100公斤。1966～1977年每年淤改0.3～1万亩，平均亩产由110公斤提高到223.5公斤，总产2000万公斤左右。1978年以来，沉沙淤改面积每年1～2万亩，平均亩产由259公斤提高到1984年的450多公斤，总产超过0.5亿公斤。

4.灌溉工程

由于引黄灌溉方式不同及自然条件方面的差异，灌区灌排工程的规模和标准也有区别。自流渠灌保证率高的灌区如人民胜利渠的渠道为灌排分设的两个完整系统，灌水系统一直修到毛渠，排水系统到农渠。灌溉渠系包括干、支、斗、农、毛五级。干支斗渠属输水渠，农渠属配水渠，毛渠为向田间直接供水的用水渠。原设计一个流量浇地1.87万亩，通过实践，为减轻渠系淤积和减少渠系渗漏补给，考虑防止土壤次生盐碱化的要求，根据水源充足的优越条件，现在采用渠首引进一个流量浇1.2万亩地的高指标。为此，渠道断面已作出相应的改变（扩大断面积或进行衬砌），自流灌区一般要有斗级以上能控制地下水位的排水系统，其中盐碱地要有农级以上排水系统。引黄抗旱或补源灌区，灌溉利用率低，一般每年浇1～3水，自流或提灌没有必要全面系统配套，一般工程作到干、支级或到斗级。作输、蓄水用的支、干排水沟，要防止泥沙进入和修建调控建筑物。同时要注意防止排水沟、河全部蓄水，近期至少要做到一条蓄、输水，一条排水的相间布置。补源区或以井灌为主的地区，田间排水系统可用浅沟，满足排涝要求即可。

引黄稻改区的灌排系统要从骨干到田间实行五级配套，而引黄放淤区只需要干、支二级即可，待淤改成好地后再根据灌区发展方向规划配套工程。引黄渠系和建筑物的规划设计还要考虑黄河水位逐年抬高的影响，并利用这一变化来加大比降，便于输水输沙。沉沙条渠或在位置和高程上将来可能变化的渠系建筑物宜采用装配式结构，以便重

复使用。

5.灌溉管理

旱、涝、碱、淤的防治，工程措施必不可少，但更重要的是科学管理，要有一套严格的科学管理章程和法规，据此进行灌区的调度运行。引黄灌区水量大，范围广，加上工程不配套，水量浪费现象很普遍，这方面与过去不收水费，或按亩收费的政策也有一定关系，如认真实行经济核算，按供水量征收水费，对节约用水，扩大灌溉面积和提高灌溉效益肯定会有积极影响。要做到这一点，需要完善更新工程设施，配备量水建筑物，建立灌区水、沙监测系统和提高管理人员素质。

当前仍要把计划用水作为灌溉管理的中心。计划用水是根据农作物的需水要求，结合水源、渠系、气候、耕作等条件，科学而有计划地引水（提水）、输水、配水、蓄水和在生产单位内有组织地进行田间灌水，使作物适时、适量的获得需要水量，达到高产稳产的要求，为此，需要编制好用水计划，并认真贯彻执行，必要时进行修正。

第三节 井灌井排

据1981年统计，黄淮海平原能够配套使用的机井达134万眼之多。最近几年，又有了较大的发展，机井总数约占北方17省机井总数（220万眼）的60.9%，井灌面积达1.2亿亩。其中，河北有机井48万余眼，井灌面积达3529.6万亩，占该省总灌溉面积的73.3%；河南有配套机井48万眼，井灌面积3483万亩，占该省总灌溉面积的59.5%；山东有配套机井20余万眼，井灌面积1282万亩，占全省总灌溉面积的50%；北京有机井3.6万眼，井灌面积达265万亩，占全市灌溉面积的59.4%；天津的井灌面积占全市总灌溉面积的40%。另外，安徽有机井11.2万眼，江苏5.9万眼。据统计，农业用水每年平均开采地下水约252亿立方米。开采程度以冀京津为最高，其开采量约占地下水补给量的70%以上，鲁、豫次之，为55～60%。苏北、皖北虽有相当数量的机井，但因地表水较丰富，降雨较多，故地下水开采量不大。

黄淮海平原，随着旱涝碱综合治理技术的深入研究和发展，人们已逐渐认识到，利用水井开采地下水不但可以解决灌溉问题，而且对于农田排水也起着重要作用，特别是在黄淮海平原地区，井灌与井排相结合，是完全适应于其季风气候特点和水文地质条件的。近些年来，不但井灌区采用井灌井排调控地下水位，而且在一些渠灌区，井渠结合的灌排方式也在迅速发展。

一、井灌井排在旱涝碱综合治理中的作用

1.抗旱灌溉

黄淮海平原属暖温带半干旱半湿润地区，季风大陆性气候显著。降雨量由北向南逐渐增加，年平均为500～800毫米不等。冬春秋三季少雨，夏季雨量集中，其降水量的季节分布见表2-15。从表2-15中可看出，3～5月份降雨很少，除平原南端信阳、蚌埠少数地区外，大部分地区这一期间的降水量仅占全年降水总量的9.3～14.8%。据有关研究资料，小麦亩产250公斤以上的需水量不应小于526毫米，可该区此期间的降雨量仅200毫米。可见在黄淮海平原，春旱最为突出，严重影响春播和冬小麦幼苗的正常生长。另

据气象部门统计，在黄淮海平原，自1951至1980，30年间，作物遇旱机率也是相当高的（见表2-16）。从表中可看出，黄河以北地区，全年遇旱频率达93.1%，以南地区为80.9%，平均为87.5%。这足以说明，黄淮海平原抗旱灌溉的重要性。春季地面径流很少，大力开采地下水，特别是浅层地下水，实行井灌是可行而且十分有利。

表2-15 黄淮海平原典型地区降水量季节分配统计表

要素 地名	全年降水量（毫米）	12～2月占全年降水 %	3～5月占全年降水 %	6～8月占全年降水 %	9～11月占全年降水 %
北京	643.0	2.0	9.3	74.9	13.8
天津	570.2	2.0	10.0	75.0	13.0
石家庄	566.5	2.9	12.2	66.2	18.7
沧州	631.1	2.4	10.0	74.0	13.6
惠民	603.4	3.0	11.5	68.7	16.8
荷泽	680.3	3.9	14.8	61.4	19.9
安阳	608.3	3.2	13.3	64.7	18.8
信阳	119.2	9.1	26.3	46.0	18.6
亳县	809.7	6.9	20.1	55.6	17.4
徐州	850.4	6.2	18.1	58.2	17.5
蚌埠	900.5	8.7	22.2	51.3	17.8

表2-16 黄淮海平原各季遇旱次数频率统计表

（1951～1980年）

频率 地区	春旱		初夏旱		伏旱		秋旱		全年	
	次	频率	次	频率	次	频率	次	频率	次	频率
黄河以北	13.2	45.2	6.2	20.7	2.7	9.2	5.7	19.8	27.4	93.1
黄河以南	7.6	26.4	8.0	28.0	4.0	13.6	3.5	12.4	23.1	80.9
平均值	10.6	36.6	7.0	24.0	3.3	11.2	4.7	16.5	25.2	87.5

河北平原是开发利用地下水最高的地区，机井开采量已占全年地下水可开采量的70%以上。因河北平原地表径流少，多年平均年径流量仅170亿立方米，若按耕地平均，每亩占有水量仅170立米，不足全国亩平均水量1755立方米的十分之一，也仅为黄河流域的59%，因此，河北省井灌发展十分迅速，井型结构也多种多样，在粮棉增产效益中发挥了巨大作用。其它地区的一些综合治理实验区内，利用井灌井排也收到了良好的抗旱效果。如：河南省惠北试验区，在1980年10月11日至1981年5月31日的小麦生育阶段，总降水量仅60毫米，属严重干旱年，利用井灌浇小麦4240亩，每亩增产50～140公斤；山东禹城实验区在旱涝盐碱薄的综合治理中，采取以井为主，实行井灌井排，根据该区浅层地下水较丰富的有利条件，至1981年底，打机井1050眼，每眼机井每年提水1.6万立

方米，井灌面积达10万亩，促进了农业生产的大幅度增产；河南商丘李庄实验区，在临近古黄河大堤的背河盐碱洼地，建立了刘集井灌井排试验区，从1983年开始，每年春旱季节发挥机井作用，保浇小麦900余亩，粮食亩产由1982年未实行井灌井排的115公斤，到1984年增加至275公斤，产量增加一倍以上。

2.截渗作用

在河渠两侧，特别是现黄河及古黄河背河洼地，河道或高滩地的侧渗补给，常常使得这些地带的地下水埋深很浅，加上洼地排水不畅，涝碱灾害十分严重。据地下水位动态观测结果，河南段现黄河的侧渗补给量每年每公里长度为40万立方米，豫东古黄河高滩地对背河洼地的侧渗补给量每年每公里14.6万立方米。试验表明，近河道、渠道方向布置一定数量的机井，采用井渠结合或井灌井排的灌排方式，能有效地起到截渗作用，这样既进行了灌溉又可防止地下水位因渗漏而抬高。图2-2即是在豫东古黄河背河洼地平行于大堤布置的截渗井，在抽水时的截渗作用。

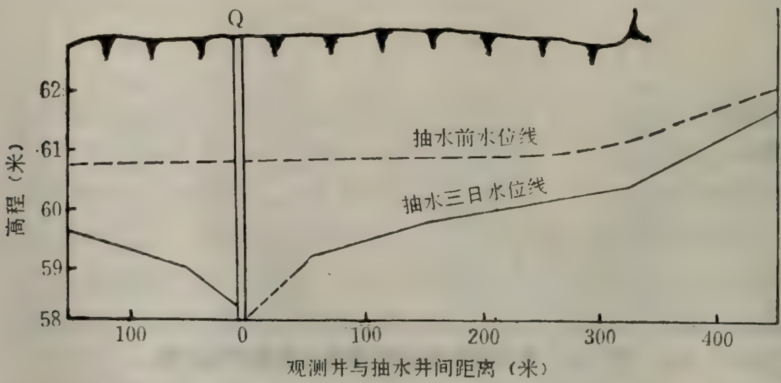


图2-2 井在抽水时的截渗作用情况（1979.6.民权人和）

山东茌平综合实验区，在距干渠70米处，顺干渠方向布置3排截渗井，每排4眼，为多孔混凝土管井，井与井之间用地下暗渠相连。3月中旬，干渠输水多日，潜水出现0.63米水丘，影响到350米处，开机抽水15小时，抽出水量共4538.3立方米，水丘消失，停机后28小时，潜水位基本稳定在开机前原水位以下0.2～0.4米之间（见图2-3）。

3.减压作用

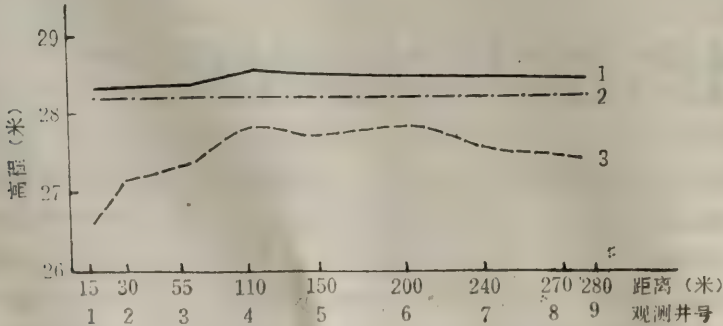


图2-3 按第一方案抽水井$_2$～井$_3$间不同时期地下水位线

1.原始地下水位线 2.停机后28小时地下水位线 3.停机前地下水位线

黄淮海平原第四纪松散冲积物多为非均质地层，浅部含水层除均质潜水含水层外，二元和多元结构型含水层普遍存在。在具有较大地下水径流补给的地区，如山前冲积、洪积扇下部的一些低洼地和背河洼地，其下部微承压含水层对上部潜水层的越流顶托补

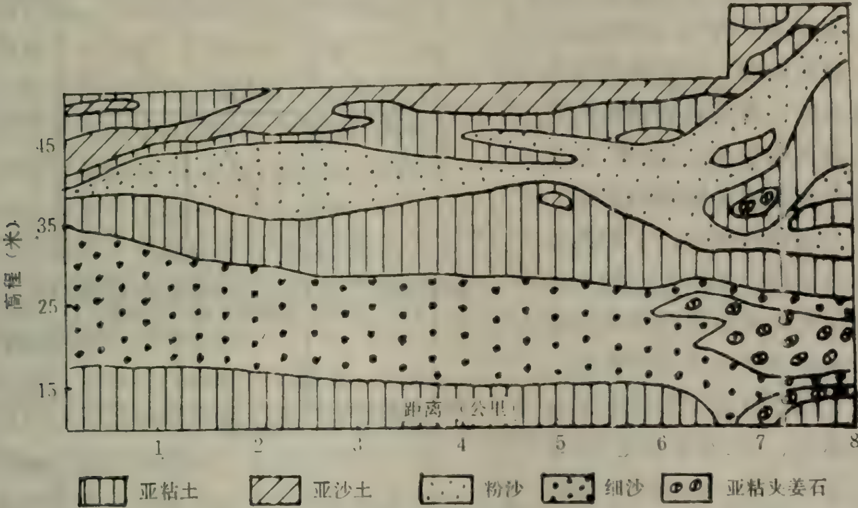


图2-4　背河洼地地质剖面图

（商丘李庄　王瓦房－刘集）

给比较明显。往往使这些地区的潜水位埋深很浅，这是造成涝涫盐碱灾害的主要原因。

河南商丘段的古黄河背河洼地，其浅层地下水为较典型的三元结构含水层，底板埋深40米左右，属第四纪全新统，上部为亚砂薄层亚粘和粉砂层组成的潜水层，厚度为12～15米；中部为在水平方向连续的亚粘土弱透水层，厚度4～12米，下覆以细砂为主的微承压含水层，厚度为6～15米（见图2-4）。

根据地下水位动态观测说明，在靠近古黄河大堤1.5～2.0公里范围内，底部微承压含水层的压力水头一般高于潜水位0.1～0.6米。而且愈靠近大堤其压力水头高于潜水位的差值愈大（见图2-5）。

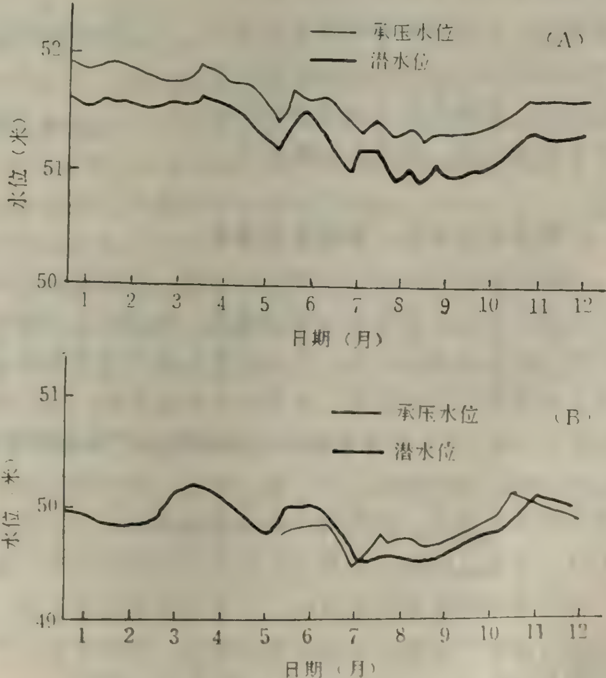


图2-5　潜水和微承压水水位动态过程线

(A) 李观N_9（1983）距大堤150米

(B) 李观W_8（1983）距大堤1530米

根据河南商丘李庄实验区典型孔水位动态资料的分析和计算，当越流补给系数为0.007(1／日)时，底部微承压水向上越流补给潜水层的水量为每年每平方公里20.87万立方米。研究表明，在此类型区进行农田排水时，井排具有减压的明显作用，既可有效地降低地下水位，又能起到改良盐碱地的效果。因为在机井抽水过程中，下部微承压水头迅速下降，将原来未抽水时的向上顶托补给状态转变为潜水向下越流补给微承压含水层的状态，结果加速了潜水位的下降和上部含盐土壤的淋洗。图2-6是在定流量为26.4立方米／时，距抽水井分别为25米和50米处的水位降深（s）和时间（t）的关系曲线，从开始抽水到抽水3000分钟或4000分钟这一阶段内，其潜水位始终高于微承压水位1.0米以上。这足以说明，通过抽水，把原来向上顶托补给转为向下越流排泄，潜水位也随之下降。

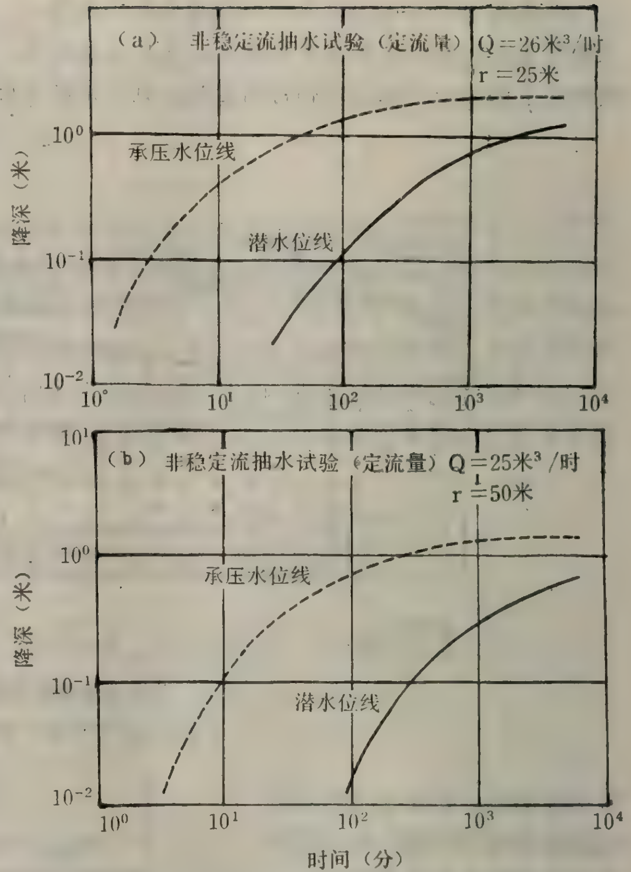


图2-6　降深s和抽水时间t关系曲线图

4.降低地下水位，调控水盐平衡

井灌井排既能充分利用地下水资源，又能有效地降低地下水位，是能够同时解决旱与涝的灌排技术，是防治土壤盐碱化，维持水盐平衡的有效方法，它为综合治理旱涝盐碱提供了灌排两利的条件。每年春季是黄淮海平原的干旱季节，降雨极少而蒸发强烈，在地下水埋深较浅的地带，土壤处于积盐高峰，进行井灌不仅解决了农作物，特别是小麦的需水问题，而且使地下水在一年中得到了最大的降深，这不但把土壤的积盐过程转变为脱盐过程，而且增加了地下蓄水库容，为汛期的蓄水创造了条件。同时也大大地减小了潜水的蒸发损失。黄淮海平原井灌井排的作用已愈来愈为从事旱涝盐碱综合治理的研究人员所重视，同时，大量实验和生产实践已证明了其巨大的治理效果。

河北平原的多年实践表明，开发利用浅层地下水，实行井灌井排和井渠结合，在除涝治碱方面成效显著。井灌井排的结果，使地下水位大幅度下降，一般埋深在3～4米以下。衡水地区1965年易涝面积211万亩，1986年以后的10多年中，打中、浅机井2.8万眼，到1979年易涝面积减少到93万亩。石津灌区20年来共打机井13790眼，井灌面积达100万亩，全灌区盐碱地面积由1972年的63.2万亩，减少到35.5万亩，同时还促进了排咸补淡作用。

河南豫东、豫北地区，自实行井灌井排以来，涝碱灾害也大大减轻。开封东部的惠北旱涝碱综合治理区于1979年施行机井灌溉、以灌代排、浅沟除涝的模式进行治理，其治理效果十分明显。从表2-17中看出，在60年代，除大旱（1965、1966年）的第二年春季地下水埋深大于2.0米外，其他年份的春季地下水位埋深均小于2.0米。而1981～1984年的春季地下水位均大于3.80米。由于地下水位的下降，盐碱地面积逐年减少，1979年全试区盐碱地面积为30773亩，经过治理到1984年春仅有5757亩。

表2-17　惠北旱涝碱综合治理区不同年份地下水埋深情况

年份	降雨量（毫米）	春季地下水埋深（米）	
		3月10日	3月20日
1962	643.2	1.70	／
1963	809.2	1.70	／
1964	933.6	1.47	／
1965	365.8	1.28	／
1966	330.1	2.14	／
1967	813.3	2.99	／
1980	509.9	／	／
1981	490.8	／	3.80
1982	487.3	／	4.29
1983	689.7	／	4.91
1984	991.5	／	4.44

民权县人和乡从1964年开始建井，70年代以后进行了大面积的井灌，地下水位开始下降，涝碱灾害明显减轻。1965年以前，几乎每年都有上万亩面积的耕地，发生旱涝灾害，1977年以后基本得到控制。地下水埋深从年平均1.56米降至3.0～3.6米，盐碱地面积由1965年的3.5万亩，至1979年减少到1.4万亩，粮食总产量从425.8万公斤增加到850万公斤。

山东鲁西北地区经验表明，旱涝碱综合治理必须建立在搞好排水工程的基础上，提出了排为基础、井灌为主的治水方针。如山东禹城实验区采取以井为主，实行井灌井排，使地下水位明显下降，在每年春秋返盐强烈季节，地下水位基本控制在2.5～3.0米，比原来下降1.0米左右。试验结果表明，井灌井排一年后，能使土壤盐分减少30%左右。又如茌平实验区，由于大量抽取地下水使得春季潜水埋深都在2.5米以下，盐碱地面积逐年减少，到1985年已全部得以改良。

北京市永乐店地区的富各庄，1975年开采浅层地下水9.5万方，与非井灌井排地区相比，其地下水位和土壤耕层含盐量与上年相比，均发生了显著变化（见表2-18）。

在井灌井排区雨季前潜水位埋深1.75米，而渠灌区是1.03米。当连续降雨147.7毫

表2-18　井灌井排对地下水位和耕层含盐量的影响

北京市永乐店地区

定位点号	地下水埋深（米）				耕层含盐量（%）				定位点距浅井距离（米）	备注
	1974		1975		1974		1975			
	3月	11月	3月	11月	3月	11月	3月	11月		
1	1.49	1.64	2.15	1.75	0.078	0.042	0.052		100	井灌区内
2	1.26	1.45	1.50	1.53	0.196	0.049	0.051		250	井灌区内
3	1.10	1.40	1.36	1.30	0.300		0.085			井灌区外
4		1.13	1.25	0.82			0.253			井灌区外

米后，潜水位埋深分别为0.34米和0.12米。说明井灌区增蓄了雨水，防止了渍涝。另据1979年在半截大队进行的井排除涝防涝能力观测，8月11日以前试区潜水位埋深1.10米～1.20米，11～16日连降雨175毫米。潜水埋深达到地表，17日开始抽水，连续两天后，距井100米处的潜水位已下降到地表以下0.47米，基本达到农作物允许的除涝防渍标准。

天津市1975年开始在静海县府君大队盐化滨海潮土上布置了以井排为主，沟排为辅的田间工程，在1000亩重盐碱地上，四年共排咸水69.11万吨，排盐量达3991.41吨（其中井排盐分为3164.87吨），使一米土体平均含盐量由原来的0.3～0.8%下降为0.06～0.27%，盐分剖面由原来的“T”型变为“I”型，同时地下水位常年控制在1.5～2.5米之间，井水矿化度也由原来的5～10克／升，下降为4～8克／升。

综上所述，从黄淮海平原各试验区治理效果来看，井灌井排在旱涝碱综合治理中是完全可行的治理技术措施，它起到了抗旱、除涝防渍、改良盐渍土、增大土壤蓄水库容和减少潜水蒸发等作用。

二、井灌井排的运行系统

1.井渠结合式

井渠结合式系统是在生产实践中不断总结出来的灌排系统，大多由纯渠灌区发展而成。其优点是在灌溉方面可以互补余缺，在排水方面比较灵活，可人为地有效地控调地下水位。河南人民胜利渠灌区是实行井渠结合较早的灌区，从1964年开始至1985年，井渠结合的面积达40余万亩，占灌区总灌溉面积的50%，机井总数达11000眼。人民胜利渠在运用井渠结合，调控地下水位方面取得了较好的成果。通过试验研究，得到了两个井渠结合、合理调控地下水位的方程式。

$$\triangle H = 0.55 - 1.31P_1 \quad ①$$

$$\triangle H = -1.45P_2^2 + 0.016P_2 + 0.319 \quad ②$$

其中：$\triangle H$——灌水后地下水位升降值（米）；

P_1——井灌水量占总灌水量加灌水期间降水量的比值；

P_2——井灌面积与总灌水面积之比。

从公式①中可知，当全部渠灌一次时，地下水位可抬高0.55米（即$P_1 = 0$时），当全部井灌一次时，地下水位可下降0.76米（即$P_1 = 1$时）；当井灌水量占总灌水量42%时，灌后地下水位不抬高也不降低。从公式②也可看出，当井灌面积为总灌水面积的48%时，灌后地下水位不抬高，也不降低。

根据公式①和②就能较正确地调控地下水位，提供较正确的井灌水量和井灌面积。当然，公式是在人民胜利渠范围内确定的，对于其它灌区，可根据各种条件加以确定。

山东茌平实验区在旱涝碱综合治理中，采用井渠结合，提出了五种调配方案，并进行了计算和分析，其调配原则是：

(1)既要满足作物需水，又要解决盐碱、涝渍的综合防治；

(2)作物结构按粮棉区考虑，以小麦、玉米、棉花三种作物为主；

(3)水利区划按引黄灌区考虑，在灌溉上以引黄为主，调控地下水位以井灌为主。

依据上述原则，选择了干旱年、平水年和湿润年三个水文典型年。全年分为六个灌

表2-19　典型水文年及调控方案

典型水文年	调控方案编号（灌水期）	秋　灌（小麦播前灌）	冬灌（棉花地储水小麦冬灌）	早春灌（棉花播前小麦返青）	春　灌（小麦拔节水）	晚春灌（小麦灌浆玉米套播）	初夏灌（夏玉米播前棉花现蕾）	备　注
1974～1975年（小麦生长期湿润年降水保证率25.9%）	1	×	×	△	×	△	#	×：不灌
	2	×	×	△	×	#	#	△：引黄
	3	×	×	△	×	△	△	#：井灌
	4	×	×	#	×	#	#	
	5	×	△	×	×	△	#	引黄毛灌定额112立方米／亩，井灌定额90立方米／亩，湿润年全年灌水3次；平水年4次，干旱年5次。
1977～1978年（平水年降水保证率44.4%）	1	×	×	△	△	△	#	
	2	×	×	△	△	#	#	
	3	×	×	△	△	△	△	
	4	×	×	#	#	#	#	
	5	×	△	×	△	△	#	
1980～1981年（干旱年降水保证率87.5%）	1	△	×	△	△	△	#	
	2	△	×	△	△	#	#	
	3	△	×	△	△	△	△	
	4	#	×	#	#	#	#	
	5	△	△	×	△	△	#	

水期，分别按旱涝盐碱的防治需要，设计出五种调控方案，以求出最优的井渠结合运用方案。其调控方案见表2-19，经过调控计算的结果见表2-20。

从几种调控方案的计算结果可知，从综合治理旱涝碱的多目标考虑，方案1和2较好，即初夏井灌一次，其余引黄，或晚春灌和初夏灌采用井灌二次，其余引黄。

总之，井渠结合的灌排系统及其运行方式，是联合运用地表水、地下水和大气降水的较好方式。这种运行方式的特点是灌溉以渠灌为主，不足者以地下水补以井灌，而地下水位的升降主要靠井来实现。目前，在我国的一些渠灌区，大都有向这一方式发展的趋势。

2.沟井结合式

在黄淮海平原低洼易涝地区，且无渠灌条件下，采用沟井结合方式的灌溉排水系统是行之有效的治水措施。所谓沟井结合，即灌溉和调控地下水位均靠井灌井排来实现，而明沟选用浅沟，用来在汛期排除多余地表水和输送部分需要排除的地下水，以达除涝、防渍目的。这种排水系统的优点是能够根据灌溉和排水的需要灵活的抽取地下水，以控制一年中各阶段不同的地下水位的要求埋深，同时由于采用了浅明沟，即明沟的沟深不必考虑防止土壤返盐的临界深度，其断面尺寸主要考虑汛期降雨的防涝排水，这种沟的断面较小，沟深很浅，使工程量和建筑物尺寸大大减小，不仅减少了占地面积，也使工程造价大大降低。河南商丘李庄乡的刘集井灌井排试验区，地处古黄河背河洼地，旱涝碱灾害严重，在采用浅沟除涝，井灌与井排相结合的灌排系统后，使这一地区的农业生产

表2-20 五种方案地下水位动态特征值

年份	方案	起始埋深（米）	春季最小埋深（米）	汛前最大埋深（米）	7月最小埋深（米）	8月最小埋深（米）	9月最小埋深（米）	期终埋深（米）
1980～1981年降雨量447.1毫米；频率81.5%；小麦生长期84.4毫米，频率92.6%	1	2.50	0.42	2.50	1.47	0.71	1.55	2.65
	2	2.50	1.31	3.74	2.46	1.27	1.93	2.78
	3	2.50	0.42	0.42	0.01	0.00	0.95	2.42
	4	2.50	3.49	7.52	5.95	4.39	4.39	4.39
	5	2.50	0.55	2.57	1.49	0.75	1.57	2.66
1977～1978年降雨量641.8毫米，频率40.7%；小麦生长期148.5毫米，频率44.4%	1	2.50	0.41	2.61	0.00	0.49	1.69	2.61
	2	2.50	1.36	3.78	0.00	0.48	1.69	2.61
	3	2.50	0.41	0.70	0.00	0.49	1.69	2.61
	4	2.50	3.16	7.27	1.83	2.00	2.61	3.00
	5	2.50	0.54	2.68	0.00	0.49	1.69	2.61
1974～1975年降水量644.9毫米，频率37.0%；小麦生长期169.4毫米，频率25.9%	1	1.65	1.49	3.49	0.00	0.28	0.30	1.46
	2	1.65	2.36	4.61	1.03	1.19	1.02	1.89
	3	1.65	1.49	0.93	0.00	0.23	0.33	1.47
	4	1.65	3.30	5.94	2.21	2.28	1.78	2.29
	5	1.65	1.64	3.27	0.00	0.23	0.33	1.46

发生了明显变化，旱涝碱灾害得到了控制。实践证明，在低洼易涝又无渠灌条件的地区发展浅沟与井灌井排相结合的灌排系统，不但可以解决涝碱灾害的控制问题，而且也基本解决了抗旱灌溉问题。

3.沟井渠相结合式

沟井渠联合应用，可以统一调动大气降水、地表水、土壤水和地下水，并加速了四水的循环，是旱涝碱综合治理技术体系的重要部分。主要适用于以井灌为主，渠灌为辅的地区。即灌溉水源以当地浅层地下水为基础，以外来地表水做补充。统一规划，联合运用，合理调控地下水位，以达提高抗旱能力、防治涝碱灾害和创造较好的适宜作物生长的水土条件之目的。沟井渠结合的主要技术措施是：修渠引水、开沟排水、发展机井，实行井灌与渠灌相结合、井排与沟排相结合，充分发挥沟井渠各自的优势。

河北省水利科学研究所对沟井渠工程联合运用，合理调节利用地下水和地表水进行了深入调查与研究，他们以黑龙港地区的临西县堤下（鲧堤）地区（303平方公里）为对象，选用了典型平水年（1980年8月31日至1981年8月31日，降雨量570.8毫米，频率P＝47.5%）对地表水和地下水的转化关系与利用状况进行分析，并得到如下结论：

(1)由于沟井渠的联合运用，使该区浅层地下水的补给量与消耗量接近平衡。控制补-消平衡的重要技术指标是采蒸比和雨渗渠渗比。分析结果表明：由于旱季对地下水的大量开采，使在汛前的地下水埋深大大降低（平均下降到4.62米），这样使开采量占

总消耗量的比例值增大至68%，而潜水蒸发值减少到32%，把采蒸比提高到2.0以上。由于地下库容的增大，使降雨入渗补给量占总补给量的比值提高到57%，渠灌回渗补给量占总补给量的34%，雨渗补给与渠渗补给之比值为1.7。

(2)水资源基本满足了水利化程度的要求。关键是渠灌引入量与井灌水量的比例和运行时间问题，分析表明，井灌时间主要在春夏两季，渠灌时间多在秋冬，二者水量之比近于1。

(3)合理地调控了浅层地下水深度的适宜范围，上限范围控制在3.0米以下，下限范围控制在4～6米之间。这样就最大限度地减小了潜水蒸发，防止了土壤盐渍化，同时也控制了大雨年份涝渍灾害的发生。

(4)合理地调节了汛期降雨入渗补给地下水量与地面迳流量的关系。使降雨入渗系数增大为0.30，地面径流系数减少到0.11，降径比达2.7，从而使降雨储存量大大提高。

河南商丘李庄中心试验区采用沟井渠结合综合治理旱涝碱也取得了一定的经验和效果，在治水方面采取灌溉以井灌为主，每80亩耕地布机井一眼，同时在冬春引黄河故道水库之水进行冬灌和春灌，作为补充水源，汛前停止渠灌，以井灌达到增大地下蓄水库容之能力。同时采用灌排分设式，充分发挥井排与沟排的作用。

沟井渠结合不仅对旱涝碱的治理发挥了作用，对咸水的改造和利用方面效果也十分显著。河北南皮县乌马营试区，地势低洼，地下水咸，出流不畅，旱涝碱咸并存，1970年以后，采用沟井渠相结合的灌排运行系统，在雨季前井排抽咸，利用咸水抗旱灌溉，腾出地下库容，为防涝和补淡创造条件。雨季沟排涝水，增强了伏雨淋盐效果。雨季后井排抽咸，降低地下水位，防止土壤返盐，接着引用河水渠灌补淡，加速土壤脱盐。根据南皮县三次抽咸补淡试验，在4000亩试验地内，共抽排地下咸水21.4万立方米，排出盐量约1700吨。

沟井渠结合也是采补地下水的主要技术措施。在原为纯井灌区，且过量开采地下水时，自然降水已不能满足地下水位的回补要求，降落漏斗得不到恢复，这时可以明渠引渗，或人工回灌，以调节来水和需水在时空上的不平衡。如河北藁城、深县、吴桥等县利用古河道回灌补淡，效果较好。

三、井群的合理布局

井群的合理布局实际上是机井的布置方式和密度问题。这一问题涉及的面很广，正确的规划可以达到合理开发利用地下水，减少工程投资和得到较好灌溉效益之目的。随着井灌井排事业的发展，在井群布置方面遇到了许多新的课题。单纯按抽水井的影响半径来确定井距的方法显然是片面的，因为一方面灌排系统运行的综合性不能单纯孤立地考虑井的作用。如井渠结合、沟井渠结合等方式，在进行灌溉和排水时，其作用是综合进行的，另一方面，即便是在纯井灌区，随着大面积地下水量的大量开采，地下水流的运动方式已不是稳定形式，而是呈非稳定流状态。因此在理论上讲，也没有一个十分确定的影响半径，要根据灌溉和排水的不同要求，结合具体的含水层类型，进行规划和设计。关于井群的合理布局问题，一些学者正在进行深入研究。目前尚无一个统一的标准，下面仅将一些有关试验研究资料，汇集如下供考虑。

1.井渠结合情况下机井的布局

如前所述，井渠结合式是渠灌区发展而成的一种灌排系统，其灌溉水源主要来自地面水的引入，而地下水只是补充性的灌溉水源，机井的主要作用是调控地下水位和补充性的灌溉。河南人民胜利渠灌区在井渠结合情况下的布置原则是：

(1)渠灌区主要分布在支斗渠的上游，以保证灌水及时方便；

(2)井渠灌溉并重的地区主要分布在支斗渠的中游，可根据引水情况，渠灌井灌交替进行；

(3)以井灌为主的地段主要分布在支斗渠的下游，或农渠控制地段，因这一地段渠灌无保证；

(4)纯井灌区主要分布在灌区的外围，以充分利用渠灌的侧渗补给量，控制地下水位。

2.沟井结合情况下井群的布局

对于以涝碱灾害为主的平原易涝低洼地区（如背河洼地），机井的使用应以排水和调控地下水位为主要目标，兼顾灌溉及其它。因此，井群布置为干扰井群，以便能在要求的时间内，及时地把地下水位控制在一定的深度以下。井群的布局主要是井间距的确定，当井群的布置形式和有效降深影响半径确定后，井间距也就确定下来。所谓机井的有效降深影响半径是指当水井抽水时，距水井最远控制处的地下水位应有一定要求的降深值，这个距水井最远控制距离定义为抽水井的有效降深影响半径（以下简称井半径R）。确定井半径要以当地水文地质条件为主要依据。在一定类型的含水层且水文地质参数已知时，可用适当的公式求出R来。也可以根据实际水井抽水资料确定相同水文地质条件地区的井半径。

(1)根据水文地质参数确定井半径R　黄淮海平原浅层地下水（即第一含水层）为潜水——微承压水含水层，一般又可分为潜水型，二元结构型和三元结构型三种。当这三种型式的含水层的水文地质参数已知时，便可根据公式对井半径R进行计算。

①潜水含水层

当潜水含水层为均质岩性，并且各向同性时，其井半径R的计算公式如下：

$$R=\sqrt{\frac{Qt}{\mu\pi\left[S(r,t)+\frac{Q}{8\pi T}\right]}} \quad ①$$

式中：

R——井半径；Q——抽水流量（定值）；t——抽水时间；μ——潜水层给水度；T——潜水层导水系数；S（r,t）——水位降深。

②二元结构含水层

$$R=\sqrt{\frac{Q\left[t-\frac{1}{a}+\frac{1}{an(1-n)}\right]}{(\mu+\mu_1)\pi[S_1(r,t)+\frac{Q}{8\pi T}}} \quad ②$$

式中：Q——从下层（微承压含水层）抽水的抽水流量（定值）；

t——抽水时间；R——井半径；μ_1——潜水层给水度；μ——微承压层释水系数；K_1——潜水层垂直渗透系数；T——微承压层导水系数；

$$a=\frac{K_1}{b_1\mu_1}\quad (b_1\text{—潜水层饱和厚度})$$

$$n=\frac{\mu_1+\mu}{\mu};$$

S(r·t)——水位降深值

③三元结构含水层

$$R=\sqrt{\frac{Q_2 t 6 T_1 T_2}{\pi[(3\mu_1+\mu')T_2+(3\mu_2+\mu')T_1](T_1+T_2)[S(r,t)CR]}}\qquad ③$$

式中：Q_2——自下层微承压水抽水流量(定值)；t——抽水时间；T_1、μ_1——上层潜水层导水系数和给水度；T_2、μ_2——下层微承压水层导水系数和释水系数；μ'——中间弱透水层给水度；

S (r,t) ——潜水位降深值。

$$C(R)=\frac{Q_2}{2\pi T_2}\cdot\frac{2\varepsilon}{\varepsilon v\cdot T_1}\left[\sum_{n=1}^{\infty}\frac{J_0(a_n\ r/R)}{(a_n+\varepsilon_v R^2)J_0(a_n)}\right]$$

a_n——J_0 (a_n) =0的非负根；

J_0——零阶贝塞尔函数；

$$\varepsilon_v-\frac{\varepsilon}{T_1}+\frac{\varepsilon}{T_2},$$

ε～越流补给系数。

在大面积均匀布井且抽水强度一定的情况下，利用公式①、②、③便可计算出井半径来。在商丘临近古黄河大堤一带的背河洼地，为三元结构含水层，根据已求得的水文地质参数，利用公式③，当抽水流量为20立方米／时，距抽水井最远控制处的地下潜水位降深分别为0.1米，0.5米和1.0米时，其井半径计算结果如表2-21。

表2-21 三元结构含水层井半径R值计算结果

连续抽水时间(日)	要求水位降深（米）			水井平均抽水流量(米³/时)
	0.1	0.5	1.0	
3	338.0	152.2	107.0	20
5	528.4	232.7	164.3	20
10	631.0	278.0	196.0	20
15	774.4	340.8	240.0	20
30	1095.0	482.1	340.3	20

(2)根据实际抽水资料确定井半径R

根据实际抽水资料来确定井半径是目前常用的一种方法。用抽水试验，特别是群井抽水所获得的资料，能够更加客观地反映出含水层的综合特征，所确定的井半径更为切合实际。河南省根据在商丘、开封、新乡等地区的抽水试验资料，提出合理井距为井的出水量干扰率不应大于20%。在上述地区井距不应小于300米，以350～400米为宜。中国农业

科学院农田灌溉研究所在河南商丘李庄实验区进行了单井和群井抽水试验，表2-22是在李庄乡刘集井灌井排试验区进行单井抽水试验中整理而成，其抽水流量为26.4立方米／时。

表2-22 单井抽水试验潜水位降深

距抽水井距离(米)	不同抽水时间的潜水位降深（米）			备注
	24小时	48小时	72小时	
25	0.792	1.068	1.151	抽水地段为刘集试验区东南中等富水区，定流量Q＝26.4米^3／时
50	0.380	0.539	0.654	
100	0.244	0.370	0.426	
200	0.123	0.191	0.218	

从表2-22中看出，当R＝200米时，即使延长抽水时间，但其降深值的变化却很小，若要求在较短时间内使地下水位得到明显下降，显然R值不能过大，以不超过200米为宜。

群井抽水试验表明：当抽水8日（实际累积抽水6.1日），抽水强度为1.5万立方米／平方公里情况下，其平均潜水位降深为0.414米，平均井半径约200米。通过在背河洼地进行的单、群井抽水试验表明，在以排为主的井灌井排区，其井半径以不超过200米为宜。

(3)按灌溉要求核算井半径　根据水井出水量、灌水定额、轮灌期以及水井每日工作时间等因素，可算出单井所控制的灌溉面积来。然后根据水井的布置形式，求出井半径来。以河南商丘李庄实验区为例，其井灌区的水井出水量约为20～40立方米／小时，每次每亩灌水按40立方米计，轮灌期8天，水井每日工作时间平均以20小时计，则单井所控制的灌溉面积为：

$$A=\frac{(20\sim40)\times8\times20}{40}=80\sim120\text{亩}$$

若水井布置成园内接六边形，则其井半径R为：

$$R=\sqrt{\frac{667A}{\pi}}=\sqrt{\frac{667\times(80\sim120)}{3.14}}=130\sim184\text{米}$$

综合排水和灌溉两方面的要求，在豫东古黄河背河洼地，选用井半径150米左右为宜。对其他类型区可根据当地水文地质条件和灌溉排水的要求，具体而定。对于要求局部地段在短时间内靠下降漏斗来维持地下水位时，井间距自然要布得小一些。反之，在大区域调控地下水情况下，井间距可布得大一些。总之，要根据水井出水量的大小，对抽水时间长短和水位降深值等要求，综合考虑而定。当然，还要考虑到水井布局的经济合理性，井间距大，建井数量可减少，因而工程费用也就减少。但对排水而言，就需要较长的抽水时间，因而加大了运转费用。反之，井间距较密，建井工程费用将增加，但抽水时间可大大减少，运转费用也就随之减少。关于这方面的问题，有些人已在进行研究，但系统地、深入地研究水井布局最优化设计尚见到不多，今后应在这方面多进行一些探

讨，以便选出在经济上最为合理的井间距来。

关于沟井渠结合式的水井布局问题，基本可参照上面两种形式的布局进行。

四、改进滤水结构，提高机井出水量

在黄淮海平原，浅层地下水（深度在40～50米以内）附存条件多以粉细砂含水层为主，在这一地区所钻出的农用机井中，虽然根据水文地质条件不同而井型结构各异，但无砂混凝土滤水管型的机井在农用浅机井中居首要地位，并在农田灌溉和排水中发挥了重要作用。但由于开采方式不当，选配滤料和骨料不合理，造成滤水管进水条件不良，防淤堵性能差，至使水井出水量小，涌砂、淤堵情况屡屡出现，影响了机井的使用寿命。据1982年在河南商丘重点治理区（74万亩）调查，各乡的淤井（淤积5米以上）占其总井数的32.8～51.4%，平均为42.1%。

影响机井出水量和井淤的原因很多，除与成井工艺水平、井管理水平等因素有关外，滤水结构不合理是其中的主要原因。因此，改进无砂混凝土滤水管结构和围填滤料的规格，对提高机井的出水量和延长其使用寿命以及农田灌溉和排水而言，无疑都是十分重要的研究内容。

1.合理加大滤料粒度

在确保不涌砂条件下，通过合理加大滤料粒度可以提高滤水结构的透水性能和减小对滤水管的接触堵塞。室内外试验结果表明，当采用填含比M＝13～15或M＝15～17时，

表2-23　室内试验、中间试验和现行设计填含比的比较

填含比$M=\frac{D50}{d50}$		滤料规格（毫米）	适用含水层条件	备注
室内试验上限值	16.9	小碎石D_{50}=3.8 η=3.0	细砂：η=1.67 d_{50}=0.225(毫米)	V=0.86厘米/S时，临近出砂 V_h=0.04厘米V>V_h
新乡灌溉所内中试井	14.8	小砾石：D_{50}=3.7；η=3.0	细砂：η=3.3 d_{50}=0.250	V=0.43厘米/S时，临近出砂 V>V_h；含砂率为1/30.8万
推荐值	13～15	均质或非均质	均质或非均质细砂	
现行值	4～6；5～9；6～8	均质或较均质	各种含水砂层	为美国、日本和我国工业井的M值
室内试验上限值	20.4	小砾石：D_{50}=2.45 η=2.52	粉砂：η=1.70 d_{50}=0.12	V=0.27厘米/S时，临近出砂 V_h=0.02厘米/S，V>V_h
商丘县内中试井	18.8	粗砂砾石：D_{50}=2.0 η=4.0	粉砂：η=2.60 d50=0.117	V=0.035厘米/S，V>V_h 含砂率为1/250万
推荐值	17～19	均质或非均质	均质或非均质粉砂	
现行值	4～6；5～9；6～8	均质或较均质	各种含水砂层	为美国、日本和我国工业用井之M值

是适合的（填含比M＝D50／d50，其中D为滤料粒径，d为含水层底砂粒径），比现行滤料填含比高一倍以上（现行滤料填含比规格是4～6，5～9，6～8等）。其试验对比结果见表2-23。

从表2--23可看出，无论是室内水井模拟渗流试验还是野外中间试验井试验结果，均证明在进井流速远大于允许流速情况下，所测得的水井含砂率均小于所规定的标准含砂率（1／万）。可见，选用填含比M＝13～15，或M＝17～19均是合适的。显然，这不但可以增大机井的出水量，而且还可有效地防止井淤。

2.无砂混凝土滤水管结构的改进

无砂混凝土滤水管的进水、防涌砂和防淤堵等性能的优劣，主要决定于其骨料的级配。室内试验表明：当滤水管的灰骨比（水泥重量与骨料重量的比值）为1∶5，水灰比（水重与水泥重量的比值）为0.30（机械振捣）或0.32（手工振捣）时，在围填规格滤料情况下，选用骨料为4～6或6～8毫米的碎石或砾石，均具有透水性好，不易机械淤堵等优点。

另据1985年9月在商丘县进行的中间试验结果证明，以6～8毫米为骨料的无砂混凝土滤水管，具有较大的出水量和较好的防淤堵性能。骨料粒径为6～8毫米的滤水管出水量最高，而水跃值也很小，其出水量比对照井多38％，比当地最优井多17％。

第四节 灌水技术

一、改进地面灌水技术

在平原内，地面灌溉是主要的灌溉方式，改进地面灌水技术，对提高灌水质量和灌溉水的利用率、节约用水关系极大。

渠道防渗是减少渠系渗漏损失、节约灌溉用水、控制地下水位、防治土壤盐碱化的重要措施。据中国水资源初步评价“资料”，估算我国渠系利用系数为0.56，就是说，从水源得到的水，有40～50％损失于渠系渗漏。1978年以来，全国开展了渠道防渗科研协作攻关，取得了不少科研成果，如砼“U”型渠道和其他工程措施衬砌渠道应用在生产上，均取得很好的经济效益。河北省1979年防渗配套总投资1462.5万元，节约水量6117万立方米，合每方水投资0.24元，可扩大或改善灌溉面积100多万亩，比新建一座工程所需投资，每方水要便宜0.32元。近几年来，北京、天津、河北、山东等省、市在机井主垄沟开始兴建防渗衬砌渠道，大大减少了水的渗漏损失，一般可节水1／3～1／4，渠系有效利用系数可达95％。在防渗材料、结构形式和抗冻害研究方面均取得新进展。综合各地的经验，塑料薄膜与其他防渗材料比较，有以下优点：

(1)防渗效果好。根据测定，一般渠系利用系数可以提高10～20％。

(2)造价低。在同一地区和相同条件下，用不同的防渗材料进行比较，塑料薄膜防渗每平方米造价仅为砼防渗造价的几分之一。

(3)节约水泥等建筑材料，并便于运输。

(4)技术简单，群众易于掌握。

目前使用的有聚乙烯和聚氯乙烯薄膜，前者质地柔软、耐低温、抗冻性能好、比重小、材料用量省，但抵抗芦苇、杂草的穿透能力较弱；后者抵抗芦苇穿透能力强，但耐

低温性能较差，在－15°C以下易变脆老化，比重较大。土料保护层的厚度要根据保证边坡稳定、塑膜不易为牲畜践踏和冰冻破坏以及节省土方等原则来确定。根据实践经验，土层厚可用正常水深的1／10加上35厘米来计算。渠道边坡系数主要视渠床 土 质和保护层厚度、渠道流量、流速、渠深而定，因此，在其他条件相同情况下，其内坡应比土渠放缓一些。

沥青玻璃纤维布油毡渠道防渠，其施工工艺与塑料薄膜基本相同。此种材料较塑料薄膜强度高（在－16°C下抗拉强度为46.6公斤／厘米^2）、耐老化、较能适应施工中 的不利因素，故推广较快。由于这种材料抗渗性能、低温抗裂性能好、材料立足国内、造价便宜等，较适用于有冻害的地区。

在有条件的渠灌区和井灌区，在平整土地的基础上发展小畦灌。山东省兖州县王村采用畦灌法进行小麦冬灌技术对比试验，试区表土层之下为亚粘土，透水性中等，灌前地下水埋深为4米和6.5米，每亩灌水量、畦长和灌溉成本的关系如下：

畦 长（米）	40	80	150	200
灌水量（立方米／亩）	49.1	66.3	96.3	134.5
灌溉成本（元／亩、次）	0.31	0.42	0.63	0.48

从以上可以看出，短畦灌溉具有省水、提高灌水质量、降低灌溉成本等优点。兖州县至1981年冬灌前，已将33万亩耕地150米的畦长改为约75米的短畦， 占 麦 田 面 积 的83%。长200米、宽3米的大畦每亩次灌水量至少150立方米以上，如改成长50米、宽3米左右的小畦，则每亩次用水量只有40～50立方米，井灌区畦长10米、宽1.5米的 小 区，亩次浇地用水由过去的60立方米减少至40立方米。

二、低压管道输水灌溉技术

低压管道输水灌溉技术是适应我国水资源严重不足和农村实行家庭联产承包制，近年来发展起来的一种灌溉技术。它具有省水(利用系数比土渠提高30%)、节能（40%），省工（用工减少一半）、省地（2%左右）、成本低、效益大等优点，深受群众欢迎。近两三年在河北，山东、河南等省、特别是井灌区已大面积推广，各种类型 的 低 压 管道输水灌溉面积已有1000多万亩。现有移动式、固定式、半固定式三种类型。移动式一般指软管灌溉，除水源外，机泵和管道都是可移动的。这种形式成本较低，每亩投资15～20元，使用方便，适用于小水源、小机组联户或单户浇地。固定式指地下固定管道系统，适用于水源可靠的机井或抽水站灌区，目前仍使用毛渠配水到田间。半固定式即地面移动、地下固定，其中机泵、地下管道与给水设施都是固定的，而末级软管可移动，直接输水到田间，这种型式兼有以上两种形式的优点，适宜专业队（组）统一管理，是目前较为正规的一种管道化灌溉系统，亩投资45～55元。管道灌溉还可利用自压输水，特别适用于山区和丘陵地区。目前，地面移动软管有聚乙烯软管、薄壁维纶涂料软管，后者使用寿命长，能适应较低气温，但价格较贵。地下输水管材有素砼管、水泥土管及石棉水泥管，这些管材可就地取材，价格也较便宜。

为了降低低压管道输水灌溉建设的投资，近年来，山东、河南、河北等省进行了地埋塑料软管输水灌溉的试验。据不完全统计，到1987年5月止，以上三省地埋塑料软管输水灌溉的控制面积已达3102.3亩，初步发挥了效益。山东聊城市在沙镇 镇、 大 张、 郑

家、张炉四乡六个试点17眼机井，埋设软管总长4450米，控制灌溉面积1750亩；河北省青县先后在小张庄、王牌庄县农业局农场进行了鼠洞式地埋塑料软管输水灌溉试验，共埋设软管1200米，控制面积200亩，运行使用，效果良好，初步发挥了灌溉效益。其埋设施工工艺、接头处理等各具特色，山东聊城市开挖0.4米、深1米的基槽，先铺上5～10厘米厚灰土，用开沟器开出半圆形槽，再将事先安装连接好的软管系统（包括三通及出水口部件）抬入基槽内拉直、铺平、充水加压，保持压力水头2米以上，然后用2：8灰土回填至软管顶部以上15～20厘米，再用水浸密实，靠灰土固结于软管四周成洞，待表面水渗完后，回填原土灌水密实，再回填土至高出地面5～10厘米。河南省新郑县采用开挖宽0.6米、深0.8～1.0米的工作沟，在沟底部开挖与软管管径相适应的"U"形槽管沟，约大于管径2～3厘米，再预埋三通管件和安装管路附件，铺设软管，充水加压至3～4米的压力水头，再回填分层夯实，要求干容重达到1.5吨／立米。地埋软管作为输水管道是利用了土壤的力学特性和塑料软管的弹性应变特点，以软管外部形成的土洞或灰土壳支撑外荷载，并承担了软管所受的内水压力，靠地埋软管的爆破压力比地面软管（除极细砂地层外）约增加一倍以上。局部实验证明，只要地埋软管保持一定的内压力（0.2～0.8kg／cm²），即可防止土洞坍塌。地埋塑料软管除了具有低压管道输水灌溉的优点外，最大的优点是：一次性投资小，每米为2～2.5元；延缓软管老化和机械损伤；施工方便，接头少。鼠洞式地埋软管施工还具有不毁庄稼、施工速度快等优点。由于试验时间尚短，且多为小管径，其使用寿命应作进一步研究、考证。

三、隔沟灌溉技术

在严重缺水地区或在灌区内灌溉保证率低的边远地区采用隔沟灌。隔沟灌是隔一沟灌水，灌水时，作为一侧受水，另一侧为干土层，土壤表面蒸发减少一半，并节省劳力。据农田灌溉研究所于1985年(平水年)在豫西试验,隔沟灌的灌溉定额为98米³／亩，亩产玉米401.95公斤；不灌的，亩产209.15公斤。每沟灌的灌溉定额为196米³／亩，亩产玉米467.3公斤。在供水不足地区，如果一亩地按常规沟灌，一亩地不灌，两亩地采用隔沟灌，灌水量相同，后者平均亩产较不灌的要高出63.7公斤（18.8%）。由此可见，隔沟灌不仅能省水、扩大灌溉面积，而且增加总产，就是在供水有保证的地区，采用隔沟灌水，在不受水的行间有利于中耕等农事活动，所以是一种有前途的灌水方法。

四、喷灌技术

喷灌与地面灌溉（沟灌、畦灌、淹灌）相比，具有省水、省地、适应性强、有利于增产等优点。近年来，在国内发展较快，到1980年已发展到1500万亩。这种技术不仅适用于进行地面灌溉难度大的山丘坡地，而且是不宜采用地面灌溉的沙土和砂姜黑土进行灌溉的有效方法。在淮北的砂姜黑土地区开展了小口径土井加喷灌的试验，每8眼小口土井配一台喷灌机，灌溉质量好和涝渍矛盾小。在适于打小口径土井的砂姜黑土地区，这是一种可行的灌溉形式。由于喷灌不破坏土壤团粒结构，地不板结，改善了土壤中水、肥、气、热状况，有利于作物生长。从北京市小麦喷灌与畦灌用水量的对比，喷灌比畦灌可节省水44～69%，粮食产量增加10～30%；河南郏县堂街烟草喷灌三年的试验结果

表明，喷灌比沟灌烤烟增产16.67%，亩产值增加19.3%。

推广喷灌技术必须有设备质量好、工作性能可靠、价格适中、适合当前农村经济体制的中小型机组，因地制宜的发展。在南方的果园、茶园以及北方的城郊菜田、有自压水头条件的地方修建了一些固定式或半固定式喷灌系统，有的使用效果较好，有的因设备质量差或设计不当，工程不配套，使用情况不理想。"六·五"期间，由中国农业科学院农田灌溉研究所组成攻关完成郏县堂街恒压半固定人工移动管道式喷灌系统试验工程。恒压喷灌系统是根据全系统不变化的实际喷水量，自动调节泵站水泵运行台数，供给管网以恒定的工作压力，节能、节水，并保证必须的喷洒质量。这是70年代以来，世界各国采用比较普遍的一种喷灌系统，郏县恒压工程的建设，填补了这项空白。该工程管网总控制面积7500余亩，其中烟、粮轮作面积6397亩，占控制面积的84.4%。全部工程包括：水源泵站一座，净扬程58.25米，S200-63型水泵两台，配套总功率150千瓦，设计流量0.154立米／秒；经过长734.5米、内径400毫米的高压出水管和1505.8米，内径500和400毫米的低压输水管（均采用自应力钢丝网砼管），与一蓄水量为6000立米的调节池相接；调节池旁建恒压喷灌泵站一座，装S200-63型和6SH-6A型水泵各两台，配套总功率239千瓦，供水压力控制在5～6.4公斤／平方厘米，灌溉保证率75%时的设计流量为0.245立米／秒，最小和最大供水量分别为0.04和0.248立米／秒；两级固定管网为内径400～100毫米自应力钢丝网砼管，有159个给水栓接出地面，轮灌区面积平均246亩；移动管道采用外径为75毫米（工作管）和105毫米（连接管）的薄壁铝管，两套轮换使用，采用球形快速联结，多喷头全圆喷洒。喷头标准工作压力3.5公斤／平方厘米，喷水量3.2立米／小时。包括水源工程，亩投资为211.77元，不包括水源工程、亩投资为173.45元。据山东、河南两省1981年对丘陵地区发展地面灌溉的投资和效益统计，山东亩投资为275.4元，河南为379.3元。这足以说明，丘陵地区发展恒压喷灌系统比发展地面灌溉系统在投资上要低。灌溉增产值为每年66.8元／亩，年运行费用相当于年灌溉增产值的20.7%，投资抵偿年限预计为4～5年。

五、滴 灌 技 术

从1974年以来，我国滴灌设备研制已达到初步配套，现有的固定成套滴灌设备具有结构简单、价格较低、使用较为可靠、安装方便等特点，计有管式滴头、微管滴头、孔口滴头、分水式滴头、多孔毛管等，这为我国滴灌技术的发展提供了设备条件。滴灌用于果树、蔬菜、大田粮食作物，均取得了省水增产等多方面效益，比畦灌田间省水50～70%，比喷灌省水约30%左右。在北京、河南、山东、山西等省市，建立了粮食作物半移动式滴灌试验及应用试点。农田灌溉研究所于1979年在河南干旱缺水的偃师县的山化乡关瑶村建成第一个千亩滴灌试点，包括一眼机井（井深157米，25立米／小时），两个蓄水池（调蓄能力1～1.2万立米）、两个自压移动滴灌系统和五个移动滴灌机组，控制面积1164亩，平均亩投资为146.80元（其中水源亩投资为76.59元），工程效益显著。几年来，大面积生产实践证明，以移动式滴灌为中心，采取井池结合，提蓄结合，滴灌关键水等一整套措施，不仅提高了机井利用率，增加了地下水开采量，而且扩大了灌溉面积，为干旱缺水地区发展灌溉，提高粮食作物产量，提供了一条新途径。据1980和1981年统计，两年共抽水534天，机井利用率达73.2%，开机时间共9342.5小时，平均每天

开机13小时。两年共开采地下水233562.5立米，平均每天开采324.4立米，除保证全大队人畜用水外，平均每年滴灌小麦787亩，玉米375亩，棉花105亩。滴灌关键水就是在干旱缺水水源不足的情况下，不能满足作物在整个生长期水分的要求，只好在作物需水最多的时期或对作物生长和产量有重要影响的时期进行抗旱滴灌，目的不在于夺得小面积高产，而在于扩大灌溉面积，最有效地发挥灌溉水的增产作用，争取大面积均衡增产，最后达到增加总产的目的。实践证明，小麦只要能滴灌越冬、拔节和灌浆三水，就能获得较高的产量，1980和1981年小麦平均滴水量55立米／亩，平均每亩产量183.9公斤，较不灌的90.7公斤增产一倍多，每亩可增收33.55元。滴灌关键水在不超过120立米／亩的情况下，其增产幅度及净产值随滴灌次数和滴水量的增加而增加。滴灌设备的抵偿年限为2.6个麦季。如包括水源工程，每亩总投资的抵偿年限为5.5个麦季。

唐山市从1982年以来，滴灌有了很大发展。至1986年7月底，全市共建成滴灌236处，滴灌面积2.2万亩，主要用于果树、花生，其次是粮食、蔬菜及其他作物，大多为管道固定式。在1986年1～6月平均降水42毫米严重干旱的情况下，大大地发挥了滴灌作用，2.01万亩果树、花生普遍滴灌1～3次，为当年丰收打下了基础。迁安、迁西、遵化等县山丘果树、沙地花生过去有水，但浇地困难，靠天等雨产量甚低，采用滴灌后，年年增产，在这类地区通过滴灌找到了发展生产的途径。

黄淮海平原还有约6.1万平方公里的咸水分布区，占平原面积的1／5。其中河北平原咸水分布面积最大，约2万平方公里；其次是鲁西北和豫东地区。根据地质矿产部的计算资料，黄淮海平原咸水补给资源91亿立米／年，其中矿化度为2—5克／升的微咸水资源54亿立方米／年，如改造利用得当，咸水就成为可利用的水资源。北京农业机械化学院从1979年在地处黑龙港流域的河北广宗县进行了三年利用地下咸水滴灌成龄苹果树。63亩的试区资料表明，在地下水埋深3米以下、粉壤土、土壤含盐量0.03～0.04%，利用矿化度2～4克／升的地下咸水进行频繁、限制水量滴灌，全年约滴灌65次，灌水量约2.2立米／株，对果树生长发育、提高果品产量和质量有显著的促进作用，再加利用雨季降雨淋洗土壤盐分，可以把土壤含盐量控制在临界值以下。在排水条件较好的临西县，用深浅井混合灌溉，实行咸淡混合灌溉，两年来，没有发生新的盐碱，显示了这一地区利用咸水灌溉的前景。

六、雾灌技术

雾化灌溉，简称雾灌。属于微灌的一种，是近年来由喷灌、滴灌技术发展而来的一种灌水技术。其特点是节水、节能，雾化程度高、适应性强，增产效益显著。它与喷灌的区别在于：雾灌是低压运行，比喷灌节能；雾灌大多是局部灌溉，比喷灌省水；雾灌喷头直径在0.5毫米以下，喷水似“牛毛细雨”，雾化程度比喷灌高得多，对作物无损伤，土壤不板结。雾灌与滴灌的区别主要是毛管以下的灌水器和配件不同。雾灌是通过高雾化喷头，水呈雾状供给作物，比滴灌供水快，喷头孔径较大，抗堵塞性能强，在进行雾灌时，作物似在云雾覆盖之中，既能增加土壤水分，又能提高棵间湿度，还可降温，调节小气候，特别是在干旱高温季节进行雾灌，降温增湿作用尤为突出，可增加湿度30%，在午间高温时可降温3～5°C。

现已研制成两种配套的雾灌设备，已在全国19个省（市）应用。在茶叶、柑桔、胡

椒、食用菌、花卉等多种经济作物上进行生产试验，均取得了良好效果。采用雾灌，茶叶可增产30％；柑桔增产30～100％；黑木耳增产1～2倍；雾灌蔬菜鲜嫩，果菜可增产30～40％；苗圃采用雾灌可提高苗木成活率30～50％，且可加速幼苗生长。雾灌系统适应性强，平原、山丘和坡地均可布设，同时也较灵活，面积可大可小。其投资比固定式喷灌系统低，与滴灌系统基本接近。平原地区一般为100～150元／亩，山丘地区为150～200元／亩，还本年限为1～2年。

第三章　黄淮海平原的土壤、耕作和施肥

土壤发生类型主要受气候、地貌、水分运动的影响，黄淮海平原自南而北，长约900公里，雨量由1000毫米逐渐减少到500毫米左右，干燥度则由0.9增到1.6。这样明显的气候差异，深刻地影响着土壤自身的属性。如山麓冲积平原的地貌特征和良好的水文地质条件，有一定淋溶作用，土壤形成过程以褐土类型为主。而开阔平原地区，由于有其复杂的地貌地形条件及其相应的水文地质和人为耕作活动影响等等，在土壤形成、发育过程中，受水的作用非常强烈，土壤多以潮土类型为主。而滨海低平平原主要是在海水的地质作用影响下，盐分（氯化物为主）强烈积聚，土壤形成以滨海盐土为主。另外在平原地区还分布着其他类型土壤。

第一节　主要土壤类型的特性与分布

一、褐　土

黄淮海平原的褐土发育于太行山、燕山山麓平原第四纪洪积冲积物。而在燕山山麓平原及冲积扇多为山地岩石风化的洪积冲积物；在淮北苏北的褐土主要为石灰岩、页岩、玄武岩等风化残积物。

褐土分布区属暖温带半干旱季风气候。夏季高温多雨，春秋干旱。年降雨量500～700毫米，蒸发大于降雨量几倍。褐土分布区地势较高，排水条件良好，地下水埋深在4～6米以下，土壤形成过程已经脱离地下水影响。地下水矿化度一般小于0.5克／升，水质属钙质重碳酸盐淡水。褐土地带由于干湿季节明显、排水条件良好，土壤有一定淋溶作用，可溶盐淋洗殆尽，土壤无盐碱化现象，亦无内涝，旱情比较突出。由于气候条件的限制，土壤淋溶过程未能充分发展，土壤的风化及发育只及于粘化作用，表土以下粘粒含量较多。土壤粘重，呈核状、棱块状结构。土壤胶体未被分解，各层次的硅铝率无大变化，自上而下略有增加。硅铁铝率约在2.5～2.8之间，土壤胶体仍呈盐基饱和状态，土壤盐基交换量很低，只15毫克当量／100克土，pH值呈中性至微碱性。褐土有机质仍感缺乏，多为1%左右。

褐土因气候条件、地形部位、淋溶及发育程度不同，可区分为棕褐土、淋溶褐土、褐土、潮褐土及褐土性土五个亚类。

(1)棕褐土　棕褐土发育在太行山及燕山阶地或冲积扇上部，地下水位很深，在10米以下，土壤淋溶较强，剖面中无石灰反应及假菌丝体，pH值由中性逐渐趋向于微酸性，土壤发育成棕褐土类型。

(2)淋溶褐土　在燕山、太行山山麓冲积扇上的淋溶褐土，土层中碳酸钙已被淋

洗，表层一般已无石灰反应和假菌丝体，而在心土及底土中仍可见假菌丝体及石灰性反应。

在苏北和淮北的淋溶褐土，淋溶作用比较强，土壤剖面中的石灰全部淋失或含量甚微，仅在底土中有石灰结核。粘化作用明显，质地粘重，呈核块和柱状结构，有铁锰斑点或胶膜形成。pH6.2～6.5，代换性盐基总量为每100克土21～30毫克当量。土壤有机质含量在1%以下，速效磷含量低。

(3)褐土　分布于太行山及燕山冲积扇中上部及山麓平原上，其所在地形部位较棕褐土相应为低。成土母质多为黄土性物质，质地均匀富含钙质，土壤以棕色、棕褐色为主，结构为块状或小棱块状，假菌丝体尚多，剖面呈强石灰反应，pH值为微碱性。

(4)潮褐土　潮褐土多分布在山麓平原中下部。当冲积扇逐渐向平原倾斜，地下水位变浅（2.5～3米时），地下水可借土壤毛管上升参与成土作用，使土壤发生生草过程。但表层仍表现褐土发育的特征。表土因内外排水良好，土壤棕褐色粘粒含量较多，多孔隙，具有石灰反应，也可见到假菌丝体等褐土特征。心土和底土，由于受地下水的作用进行潮土过程，土色暗，灰色至棕灰色，有少量假菌丝体及轻微粘粒形成，有锈纹锈斑。土壤中可溶盐和游离钙淋洗程度比淋溶褐土轻。潮褐土的形成过程和主要特征属于褐土，潮土过程是比较次要的，所以称之为潮褐土，并列入褐土的一个亚类。

潮褐土分布区地下浅层淡水丰富，水分条件好，土壤养分较为丰富，为华北平原土壤肥力及生产力较高的土壤。

(5)褐土性土　现代河流冲积物及沙丘脱离地下水的影响，已开始向褐土方向发展。如黄河、漳河、滹沱河等河流故道，唐河沿岸冲积扇上的固定沙丘，生长草类及林木等表层土壤已有明显的发育特征，心土色泽棕褐，粘粒增高，有假菌丝体发育，孔隙度增多，表层有一定数量有机质累积。此种土壤发育尚不甚完善，为褐土形成的早期阶段，称之为褐土性土。

二、棕　壤

棕壤主要分布于苏北淮北地区。棕壤是落叶阔叶林地带呈微酸性至中性反应的棕色土壤，它不包括盐基高度饱和甚至含重碳酸钙的棕色或褐色土壤。

淮北地区凡有花岗岩、片麻岩、石英斑岩等酸性岩石的残积物所形成的土壤和苏北徐淮地区东部的一部分土壤都属于棕壤。

棕壤地区气候温暖湿润，年平均温度为12°C以上，无霜期约220天，年降雨量750～900毫米左右。土壤矿物质风化和有机质分解比较强烈，土壤的粘化作用也在进行。淋溶作用比较明显，土壤中可溶性盐基和碳酸盐都被淋失。土壤一般呈微酸性至中性反应，无石灰反应，代换性盐基总量一般为每100克土10～20毫克当量，胶体的硅铝铁率在2以上，有机质含量低，含钾量较高。棕壤剖面发生层次不够明显，表土层为灰棕色壤质土或棕色粘重土壤，心土层为红棕色、棕色粘土层，块状或柱状结构，结构面有铁锰胶膜，有少量的铁锰结核。棕壤剖面的下部质地比较粘重，土层密实透水性较弱，使上层土壤含水量高，呈“包浆”状态，在苏北有“包浆土”之称。

棕壤土类又分为棕壤和潮棕壤二个亚类。棕壤亚类具有上述棕壤土类的典型特征。

潮棕壤是在棕壤形成过程的基础上附加了潮土过程，亦即地下水参与了土壤形成过程。

潮棕壤主要分布在淮河及其主要支流的沿河缓坡地上，其母质为黄土性古河流冲积物，地形微有倾斜，排水条件较好。地下水埋深2～3米，雨季有时又上升到1～2米，地下水可借毛管作用影响土壤形成过程。上层多为棕色或黄棕色，土壤底层由于受地下水作用，土色较暗，呈灰棕色或黄棕色，普遍有锈纹斑和少量铁锰结核。潮棕壤一般为旱作地，通过长期旱耕熟化，土壤理化性状不断得到改善，有机质含量约为1%，排水条件较好，是淮北较好的土壤之一。

三、潮　土

潮土广泛分布于黄淮海平原，为主要的农业地区。潮土系指地下水直接参与成土过程，地表有机质积累少，颜色较浅的土壤。这种土壤有机质含量低，耕层土壤有机质只有0.5%左右。潮土的成土母质主要为近代黄河泛滥沉积物，富含钙质，碳酸钙含量一般为6～14%。呈微碱性至碱性。质地分选明显，河流近处质地粗，远处质地细，在同一处由于不同时期河流泛滥，常有不同程度的砂粘间层。耕层疏松多孔，粘粒下移，代换量变化较大，粘质土代换量每100克土为20～35毫克当量，而轻壤土为8～18毫克当量，钾含量高，有效磷缺乏。

在成土过程中地下水的升降引起氧化还原的交互作用，沿土壤孔隙形成大量胶膜和铁锈斑纹。

在潮土形成过程中，由于地形、水分、气候条件的不同，而有不同的发育特征，可将潮土划分为褐土化潮土、潮土、沼泽化潮土、灰潮土、滨海潮土等5个亚类。

(1)褐土化潮土　黄淮平原由于河流多次改道，形成了微起伏的较高地形。在高起的地形部位，地下水降至3～4米，使土壤发育由潮土过程向褐土过程发展，土壤的淋溶作用加强，可溶盐充分下淋，土层中有明显的粘粒形成和移动特征，并可见到大量假菌丝体淀积。但地下水由毛管上升仍可达一定高度，在50～70厘米以下，可见灰暗、具有胶膜及锈色斑纹的底土，亦可见雏型石灰结核。

褐土化潮土，一般表土和心土受一定淋溶作用而且有褐土特征，心土以下仍受潮土过程的影响。

(2)潮土　分布地形比褐土化潮土低，一般分布在缓平坡地和缓平洼地。地下水位1.5～3米，地下水可借毛管作用上升到地表，一般土壤质地比较粘重或者剖面中有比较厚的粘土隔层，地下潜水矿化度1克／升左右，表土含盐量在0.1%以下，作物不受盐碱危害。由于地形平缓地面迳流差，雨季地下水位升高，土壤水分常处于饱和状态，易受渍涝灾害。

(3)灰潮土　灰潮土的成土母质为河流新老冲积物及古海岸沉积物，经人为长期耕种，土体透水性良好。

灰潮土分布区地势高平，地下水埋深1～2米，矿化度小。土壤剖面表土层20厘米左右，土体疏松熟化良好，亚表土层20～40厘米较紧实，尚保留原来冲积层基本特征，铁锰有不同程度积聚成锈色斑纹。100厘米以下有青泥层，长期受潜水影响，为暗灰色潜育层。

（4）沼泽化潮土　沼泽化潮土系在潮土形成过程中，附加了沼泽化过程。分布在各种洼地及其边缘地带和沿河浅洼地区，是在地下水和雨季地表积水共同影响下所形成的。雨季地下水埋深1～1.5米。土层上部每年受地表水、地下水共同影响的还原过程时间较短，在一年中绝大部分时间以氧化作用占优势。表土颜色一般以灰色至棕灰色为主，屑粒、碎块或块状结构，疏松；心土有锈纹锈斑，底土有蓝灰色锈纹，但一般无明显潜育层。每年积水2、3个月者，1米以下土层多出现明显蓝灰色潜育层。涝害是这种土壤的主要特征。

安徽、江苏的棕潮土其形成条件和剖面特征基本上与沼泽化潮土相同，因此，也将其归并为沼泽化潮土。

（5）滨海潮土　现代黄河三角洲，为现代黄河河口堆积而成。在原来滨海盐渍母质上覆盖一层沙质黄河现代沉积物，厚度为1～4米，有大片天然灌木和草地，土壤含盐量很低。在苏北平原内缘，脱离海水已久，耕种历史长，土壤熟化程度高，土壤含盐量下降到0.1%以下，各种作物均能正常生长而不发生盐害，是苏北的主要粮棉产区之一，江苏称之为脱盐潮土。上述二种土壤主要属潮土过程，因其环境条件处于滨海地带，故称之为滨海潮土。

四、砂姜黑土

砂姜黑土在安徽、江苏、河南等省均有分布，而以安徽分布面积最大。地势比较平坦。成土母质系黄土性古河流沉积物，含有多量游离碳酸钙。地下水埋深1～2米，雨季可上升到1米之内，有时接近地表。地下水矿化度低于1克／升。

砂姜黑土是由沼泽草甸土经过脱沼泽耕作熟化过程而形成的一种土壤。这种土壤过去排水条件很差，一年之中可能有2、3个月积水，在草甸植物生长腐解和渍水、干湿交替作用影响下形成了黑土层和砂姜层两个基本发生层。黑土层厚约30～40厘米，暗灰色或黑色重壤土至轻粘土，有机质含量一般为1～1.5%，中性至微碱性反应；砂姜层位于黑土层之下多为棕黄色重壤土有潜育特征，并有锈斑，夹有未硬化的石灰结核，群众称为砂姜。由于母质含碳酸钙丰富，土壤干湿交替，潮湿季节促使碳酸钙淋溶，干旱季节促进碳酸钙沉积，因此形成了不同程度的砂姜。砂姜在土壤中的分布是下部多而大，上部少而小；一般在70厘米左右出现，同时有铁锰的沉积，形成锈斑或铁锰结核。

根据上述土壤形成过程，砂姜黑土可以划分为砂姜黑土和碱化砂姜黑土二个亚类。

（1）砂姜黑土　占本类土壤面积90%以上。地下水矿化度低于1克／升，水质多为HCO_3-Cl-Ca-Mg型和HCO_3-Cl-Mg-Ca型，各层土壤全盐量一般低于0.1%，pH值7～8之间，剖面上层无石灰反应，底层有石灰反应。耕层有机质含量为1%左右，代换量较高为25～30毫克当量／100克土，耕性较好，怕旱怕涝，肥力不高。

（2）碱化砂姜黑土　群众通称白碱土，零星分布在颍河以东的砂姜黑土地区，蒙城、涡阳、宿县的南部分布较多，所处地形多为平坦湖洼地中的小洼地。地下水位高，多在1米左右，矿化度多在0.7～1.5克／升之间，阴离子以HCO_3^-为主，阳离子以Na^+为主。土层上部具有碱化层，含盐量不高，强碱性反应，质地轻，有海绵状孔隙。碱化重者，碱化表土层厚约15～25厘米，往下向黑土层过渡极为明显，黑土层以下也有砂姜层。

这种土壤适耕期短，雨后容易板结，易滞水渍苗，发根发株性差。降低地下水位，

深耕、增施有机肥，施用石膏是改良这种土壤的关键措施。

五、内陆盐渍土

由于地形平坦，排水不畅，高处淋洗来的盐分，汇集在地下水中，当地下水埋深高出临界水位而地下水矿化度又较高时，因毛管作用，水分不断蒸发，盐分逐渐积累，形成了土壤盐渍化过程。

地下水埋深越浅，矿化度越高，土壤盐渍化越重。观察结果表明，地下水矿化度小于1克／升时，1米土体含盐量＜0.1%；矿化度1～2克／升时，土壤含盐量可达0.1～0.3%；矿化度5克／升时，土壤含盐量可达0.3～0.6%。

地形与土壤盐渍化关系极为密切。冲积平原中的各种洼地，常是水分和盐分积累的中心，地下水埋深为0.5～1.5米，矿化度多为2～5克／升。因此洼地土壤除有沼泽化过程外，常伴随着较重的盐渍化过程。

冲积平原中的广大微斜低平地区，地下水深一般2米，矿化度1～2克／升，分布着大面积的轻盐化潮土。

黄河高出地面数米，沿黄侧渗影响的范围内，地下水位高，形成带状盐渍化土壤。

在地下水中含有重碳酸钠和碳酸钠等碱性盐类的条件下，通过蒸发碳酸钠向表土积累而使土壤发生碱化过程。同时黄淮海平原干湿季节明显，雨季降雨次数多土壤盐分上下移动频繁，在这种情况下，中性钠盐与土壤胶体表面接触机会增多，使溶液中有较多的Na进入土壤复合体而使土壤发生碱化。因此，在盐化过程中，伴随着碱化过程出现而形成碱化潮土。盐化潮土和碱化潮土，常呈复区出现，黄河以北以盐化潮土为主，淮河以北因降雨量较多，盐分上下移动频繁，以碱化潮土为主。

根据上述盐渍土形成过程中盐化、碱化的不同发生阶段和附加的沼泽化过程，可将盐渍土分为盐化潮土、碱化潮土、盐化沼泽潮土和潮盐土等四个亚类。

（1）盐化潮土　其主要特点是盐分含量较碱化潮土高，较潮盐土低。一般表土含盐量为0.15～0.6%。分布地形为微斜平地，地下水位2米左右，地下水矿化度1～2克／升，浅层地下淡水比较丰富，改良比较容易。

（2）碱化潮土　土壤含盐量低，表土含盐为0.1～0.3%，碱性强pH8.5～9.5，土壤中阴离子以HCO_3^-为主，并有$CO_3^{=}$出现，阳离子以Na^+为主。地表有灰白色碱化层，质地较轻，渗透性弱，多与盐化潮土成复区分布。

（3）盐化沼泽潮土　分布在地势比较低洼地带，地下水位高，每年雨季地表有不同程度的积水，土壤剖面有潜育化的特征。土壤盐渍化中度至重度，一般表土层含盐量0.4～0.7%，心土含盐量0.2～0.3%至0.4～0.5%。降低地下水位，消除涝害是改良盐化沼泽潮土最关键的措施。

（4）潮盐土　一般呈斑状分布在背河槽形洼地和碟形洼地等重盐渍区，表土含盐量可达1%以上，严重影响农作物生长。自然植被有红柳、盐蒿、黄须菜等耐盐植物。地下水位1～1.5米，地下水矿化度2～5克／升或者更高，盐分组成以氯化物硫酸盐或硫酸盐氯化物盐类为主。

六、滨 海 盐 土

滨海盐渍土区，北起河北昌黎县沿海，南至长江口以北，曾受海潮直接或间接影响的平原地区，也包括以前的海退平原。宽度一般为30～50公里，北部较窄，宽约5～20公里。

滨海盐渍土区由于地势低平，排水不畅，并受海潮顶托，地下水位较高，一般为1～2米。其中，泻湖型滨海洼地地下水位仅1～1.5米，三角洲因地面坡降较大，地下水位1.5～2米左右。

滨海盐土及地下水中盐分来源主要为海水，海水含盐量平均3.2～3.3%，Cl^-占阴离子总量的90%，Na^+占阳离子总量的80%。滨海盐渍土盐分含量，依脱离海潮影响时间、离海远近、人为活动等因素为转移，一般离海越远，脱离海潮影响时间越久，自然淋洗程度越强，土壤盐渍度越轻，经过耕种改良的土壤盐渍度亦轻。

滨海盐土因受海潮及海水型地下水的影响，致使剖面各土层中盐分含量大致均一。

滨海盐土主要表现为盐化、沼泽化过程，同时有草甸植物的生长以及人为开垦耕种的影响又表现为潮土化过程。根据土壤不同发育过程和剖面特点，可将滨海盐土划分为滨海盐化潮土、滨海盐化沼泽潮土、滨海潮盐土、滨海沼泽潮盐土和滨海盐土五个亚类。

（1）滨海盐化潮土　离海滨较远的地区、河流古自然堤、黄河三角洲的大部分地区，地形部位相对较高，地下水位在1.5～2米之间，经过长期的自然脱盐，大部分已开辟为农田，种植杂粮作物，土壤含盐量以轻度和中度为主。心土和底土沉积母质特性比较明显，有锈纹锈斑，有的底土有碳酸钙沉积。

（2）滨海盐化沼泽潮土　分布在长期脱离海潮影响的滨海地区，经过相当程度的脱盐，盐分较轻地区也开辟为农田。一般分布在滨海与湖洼地较低的地形部位，地下水埋深1～1.2米，雨季有3、4个月积水。土壤的潜育化作用较强，潜育层出现部位较高，呈蓝灰色，有时蓝灰色层内有管状红棕色锈斑，潜育层以下土壤中有少量白色粉末碳酸钙聚积。

（3）滨海潮盐土　所处地形部位距海较近，土壤含盐量很重，一般土壤含盐量在1%以上，生长强度耐盐植物，水分条件更差。表土颜色暗棕或浅灰色，表土以下可出现锈纹锈斑，往下愈多。核状或粒状结构。心土和底土生物作用较弱，显示沉积特征，为紧密层状、板状、块状至棱块状结构。在1米以下可出现灰黑色埋藏的生草层或暗灰色海泥层。

（4）滨海沼泽潮盐土　分布在黄河三角洲的相对洼地和滨海洼地，以强度耐盐植物或盐生植物代替，植物覆盖度小，有机质含量低。土壤含盐在1%以上，土壤生物活动很不旺盛，土层紧实，孔隙少，结构大部保留着沉积时的原始状态，心土或底土有潜育化特征，剖面有强石灰反应。

（5）滨海盐土　主要分布于滨海区海陆交接处，受海潮直接浸淹的地区，以及河流入海口两岸，为受海潮倒灌和侧渗形成的重盐碱地，大致与海岸线平行。滨海盐土含盐量高，可达3.0%，不能生长自然植被，局部有黄须菜和柽柳，覆盖度不及10%，地下水位在1米以上。因受海潮经常侵袭，土壤发育很差，很潮湿，很少有锈纹锈斑，纯系沉积时原始状态。

七、沼 泽 土

分布于不同类型的洼地，缺乏排水出路，一年内地表有不同程度的积水，地下水位高，土壤的潜育化现象明显。在缺氧条件下，土壤中硫酸盐类被还原产生硫化物，遇水产生H_2S，在土壤中可闻到H_2S的臭味。

本区沼泽化土壤，由于河流带来大量泥沙，不断将洼地填高，不断在新的沉积物上开始新的成土过程，且因植物的地上部分，每年被人们取走，表土植物根系虽多但来不及形成泥炭层。在表土层下面紧接着就是潜育土层。

根据土壤的沼泽化过程和附加的潮化和盐化过程，可将这类土壤分为潮土性沼泽土和盐化沼泽土二个亚类。

(1)潮土性沼泽土　分布于交接洼地底部，和沿海河流较低地形部位，母质为河流沉积物。由于地势低洼，无排水出路，每年有几个月积水时间，表土有机质含量较高(2%左右)，表土和心土氧化还原过程频繁，并发生有锈斑和铁子。自心土开始由于长期受潜育作用影响，成为明显的潜育层。

(2)盐化沼泽土　分布在洼地边缘和滨海洼地较低部位。其剖面特征与潮土性沼泽土基本相同，其不同特征主要是土壤盐分含量较高，表土可达1%左右。潜水矿化度高。

八、水 稻 土

黄淮海平原水稻栽培历史至少已有400多年，苏北、皖北、沿黄、南四湖滨、天津军粮城、芦台一带均有分布。水稻土是在栽培水稻情况下，经过长期水耕熟化过程形成的一种独特的土壤类型。在水稻生长期间，田面保持有一定水层，耕作层为水饱和。旱地土壤种植水稻以后，在长期灌溉淹水条件下，有还原淋溶和氧化淀积等过程，从而使土壤在形态上和性质上发生了显著变化。经过长期栽培水稻的土壤具有以下特点，1.剖面发生层次明显，有耕作层、犁底层、斑纹层、潜育层之分；2.耕层较厚，有机质含量较高，一般为1.5～2.0%，养分含量较丰富；3.水分状况较好，有一定灌排条件，在水稻生长期间，田面保持一定水层，耕层处于水分饱和状态。

本区水稻土在水耕熟化过程中有一部分土壤在不种水稻期间，仍存在盐化过程，因此可分为盐化水稻土和水稻土两个亚类。

盐化水稻土除具有水稻土的一般特点以外，主要是土壤和地下水中含有不同程度的盐分，在不种水稻期间，地下水和土壤下部的可溶盐分仍可借毛管水的作用向地表积累，造成对旱作或水稻幼苗的危害。

第二节　合理的土壤耕作

土壤耕作的目的，是通过机械的与物理的作用，为作物生长发育创造一个水、肥、气、热协调的土壤环境条件。

高产的土壤，必须具有良好的土壤肥力条件，即土壤能在农作物生长发育过程中，同时能不断地供给作物水分、养分。土壤要达到这种良好的肥力条件，就必须有良好的

结构性，养分充足，水分和空气协调并存，这就要为土壤创造良好的孔隙状况，在土壤中要有小的毛管孔隙和大孔隙，小孔隙可以靠毛管力保持住土壤中的溶液和水分，大孔隙则可以流通空气，从而解决了土壤中水分和空气之间的矛盾，使好气过程和嫌气过程得到协调，使养分的积累和释放同时进行，土壤温度状况也可得到改善，土壤肥力得以提高。

一、土壤水分运移特点

1.土壤水分的入渗蓄积阶段

本区土壤水分的来源主要是天然降水，局部地区利用灌水来补充土壤水分，这种从土壤表面垂直进入土体的过程称之为土壤水分的入渗。由于降水的季节分配，这个过程主要发生在雨季的7、8、9三个月。此阶段，土壤水分得到大量补充和蓄积。当水刚一接触地表面，很快被土壤吸收，土壤越干，最初的入渗速度就越快。随着入渗时间的延长，吸水速度减慢，最后地表出现积水。当降雨强度小于土壤的入渗能力时，降水就会全部渗入土中，地面不会产生积水。当降水强度大于入渗能力时，地面就会出现积水，此时土壤达到水分饱和状态。土壤入渗程度随着时间的延长而逐渐减小，最后达到稳定入渗。这样整个土壤剖面就分成为饱和层、传导层和湿润层。土壤表层为饱和层，饱和层之下是传导层，其厚度随降雨的增加而增加，含水量接近饱和，并且分布较为均匀，再下面是湿润层，含水量急剧减少，在湿润峰的前缘，接近土壤原始含水量，在上面湿土和下层干土之间形成一个干湿交界面。这个时期，无论是地势较高，地下水较深的坡地和岗地，土壤含水量都以悬着水的形态大量存在于土壤中。由于降水集中，土壤水分以补给增加为主，是土壤水分的第二个高峰期，是翌年作物需水的重要水源，如保存的好，可以做到“伏雨春用”。

2.水分的再分布

大气降雨停止后，地面积水因入渗或蒸发散失，进入土内的水分继续向下或向上移动进行再分布的过程。由于上层土壤接近饱和，中下层土壤比较干燥，上部的水分在水分重力梯度、吸水梯度和温度梯度的作用下，向干燥的下层土壤移动，即开始入渗后的再分布过程。这时土壤水的流动速度与上层土壤的湿度、下层土壤的干燥度，以及它们的导水性有很大关系。清华大学水资源及农田水利教研组在研究均质土壤降水或喷洒入渗模型时，对入渗后土壤水分的再分布进行了计算，得到一种土壤的水分再分布过程图（见图3-1）。开始时，剖面含水量分布变化十分迅速，随着时间的增长而大大减弱（曲线由1～5）。原因是湿润层和干土层之间的吸力梯度随时间延长逐渐降低，湿润层的导水力也随土壤含水量的减少而降低。从图中可以看出，土壤过砂、过粘都会影响到

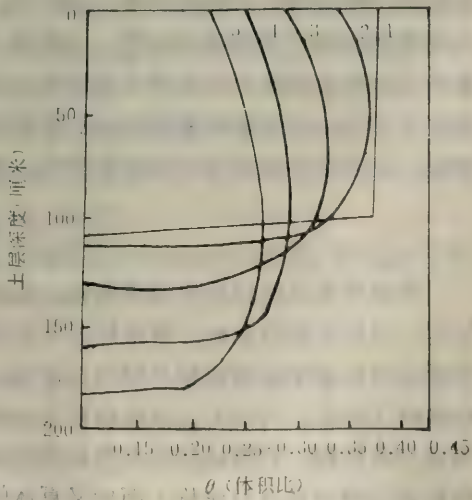


图3-1 土壤水分的再分布过程

水分的再分布，不是造成“漏水”，就是出现“涝”。长期重复同一层次的耕作，形成坚实的犁底层，造成土壤水分下渗困难，不利土壤水库的贮水保墒作用的发挥。

水分在再分布的同时，土壤水分的蒸发损失也在进行。根据土壤水分的季节变化又可分为三个阶段。

（1）秋末冬初土壤水分缓慢蒸发阶段　“三秋”期间，由于雨季的补足和夏秋的保墒措施，土壤表层和深层水分含量一般比较充足，但由于雨季已过，降水骤减，而且气温尚高，蒸发作用仍强，地面裸露，很容易跑墒，土壤表层的水分开始蒸发而消耗，下层的水分沿毛细管上升运行到表层而丢失。一般年份，耕层含水量仍维持在15～25%之间。此期只要注意耕作保墒，就能保住秋播作物的发芽和幼苗生长对水分的需要。干旱年份，土壤水分不足，会影响到全苗及幼苗的正常生长，要注意抗旱保墒。

（2）冬季土壤水分凝结累积阶段　入冬以后，气温降低，秋播作物生长缓慢，土壤蒸发量小，田间耗水量不大，整个土体的水分比较充足，为秋播作物的安全越冬创造了良好条件。由于土壤由表层逐渐向下冻结，其深度因年份和地区而不同，多数地区处于上层冻，下层未冻的状态，雪水不易下渗，加之上下层之间的温度差，上层土壤温度低，下层温度高，在热毛管现象的作用下，下层水分向上移动，凝结在上层土壤的大孔隙之中，结成冰屑，在表层经常出现过湿现象，使土壤表层水分得到充足的补充和蓄积，是土壤水分的第一个高峰。这是早春土壤返浆的主要原因，也是春季保墒的主要对象。

（3）春季土壤水分大量蒸发丢失阶段　开春以后，气温上升，土壤开始化冻，但冻层水分不能下渗，表层含水量高，呈泥浆状，这就是通常所说的土壤返浆。这个时期，由于蒸发率和土壤的导水率相等，土壤剖面中的水分呈整体流动，与水面蒸发有点类似，土壤表面水分损失不明显，是水分蒸发的第一阶般，但时间很短，此时应采取保墒措施。保墒措施可以采用残茬覆盖、地膜覆盖及顶凌耙地保墒，此时是防止土壤水分蒸发损失的最好时机。

随着温度的继续升高，风速的加大，空气干燥度也在增大，很快进入蒸发的跑墒时期，加上黄淮海地区春季降水少，土壤水分入不敷出，形成春旱。特别是4～5月份，正是秋播作物返青后大量需要水分的时期，如果缺水，将严重影响秋播作物的产量。此时也是春播作物开始播种的时期，土壤水分的多少，对保证苗全、苗壮有很大影响。当土壤水分运动由薄膜形式的液态移动到气态扩散运动时，蒸发速度又迅速降低，表层土壤形成干土层，进而影响到耕层以下深度的水分含量，给春播作物的播种和出苗带来不利影响，应该切实做好保墒及抗旱播种，使春播作物渡过春旱期。

二、几种土壤耕作法

黄淮海地区的抗旱保墒耕作制，是以季节性的气候变化规律和土壤水分运动规律为依据，以轮作制为基础，逐步形成和发展起来的。由于气候条件的限制，本区历来形成冬季休闲和夏季休闲两种不同的农作制。冬季休闲一般是早春在冬休闲的地上种一季早秋杂粮（玉米、高粱），秋收后种冬小麦，麦收后夏种晚秋作物，秋收后又冬季休闲，形成二年三熟。夏季休闲是在夏休闲的地上连种冬小麦，收麦后复种一季晚秋杂粮，秋后轮种一季早熟豆科作物，而后又夏休闲，或者冬小麦收后休闲，再连种冬小麦，形成所谓的“一麦田”。各地农民充分利用这段休闲时间对土壤进行耕作处理，以保蓄水

分、促进土壤养分转化或结合施肥，增加土壤养分，因而在夏季休闲为主的地区形成伏耕蓄墒为中心的土壤耕作制，在冬季休闲为主的地区形成以秋耕施肥为中心的土壤耕作制。

1.以伏耕蓄墒为中心的土壤耕作制

这种耕作制包括浅耕灭茬、伏耕蓄墒、耙耱收墒和播前整地四个基本环节，其中伏耕蓄墒和收墒是此耕作制的两个关键步骤。

浅耕灭茬　有的地方叫"串地灭茬"，即夏收作物收获后，用犁、圆盘耙或旋耕机浅耕一次，灭草松土，减少土壤水分损失。

伏耕蓄墒　浅耕后，进行伏季早深耕，增加土壤的透水性和孔隙度，将大气的降水蓄在土壤水库中，做到伏雨"秋用、春用"。在蓄墒的同时，加强耙耱保墒，减少水分蒸发，为下季小麦贮存更多的水分。

耙耱收墒　深耕蓄住了降水，但夏季温度高，蒸发量很大，及时耙耱收墒，合口过夏，一方面保住了水分，另一方面土壤通过多次耙耱，使土块破碎，造成上虚下实的耕作层，为种子发芽、根系下扎创造了良好的种床，又抑制了土壤中水分的上升损失，消灭了杂草。

改夏季休闲为种植绿肥，不但不妨碍土壤水分的储蓄，还可以改良土壤，有利于土壤水分的保存，是一种肥地增产的好办法。

2.以秋耕为中心的土壤耕作制

黄淮海平原的大部分地区采用以秋耕为中心的耕作制，秋季耕作保墒的好坏对来年秋收作物产量的高低影响很大。一般年份，秋季降水量少，约占全年降水量的10～20%左右，土壤水分一般是下降趋势；冬季雨雪又少，表土温度低于底土，下层的水汽扩散上升凝集在表层，如果早春不采取相应的保墒措施，就连这点水分也难保住。春季气温增高，风速加大，土壤水分强烈蒸发。根据这些特点，采用早秋耕，随耕随耙耱，早春顶凌耙地，播种前后镇压提墒和苗期中耕等一系列的耕作措施。秋耕的同时，增施肥料，加厚耕作层，为作物生长发育创造一个松软、深厚、肥沃的土壤环境。

3.防浸蚀、保水保肥为中心的土壤耕作制

本区还有相当一部分的砂土地和坡地，在砂地、坡地上的土壤耕作，要特别注意防止风蚀和水蚀，以达到保土保墒。成功经验很多，例如豫东北平原黄河故道的砂地耕作，冬春季在与风向垂直的方向，每隔一定距离挖一道防风壕，挡风积沙，次春清明后填平整地；或者是开沟起垅，挡风积沙，风小时耙平地面，雨后耙耱，防旱保墒。砂地一般不秋耕，留高茬挡风沙。花生地收获时因多次翻动，土壤疏松，极易风蚀，所以一般是耕而不耙，使其呈波浪状，防风挡沙，起到保土保水作用。

坡地的耕作应以防止水土流失为重点，根本措施是搞好农田基本建设，修筑水平梯田，另外，水平种植、带状种植、种草种树也能起到很好的保土作用。

4.免耕法

免耕法在我们国家早已有之，特别是在黄淮海地区，免耕法早已应用。如小麦收获后，不翻动，直接播种夏玉米、谷子、大豆等作物，叫"铁茬播种"、"串种"或叫"硬茬播种"。免耕法并不是绝对排除一切耕作措施，必要的表土作业还是要进行的。我国的土壤有机质含量低，土壤物理性状差，因此，在耕作上要针对各自的特点选用不同的耕法。在本区大陆性气候条件下，采用免耕时，应在不同的作物不同的季节上进

行，要根据作物生长所需求的土壤条件进行耕作处理，而不是盲目减少耕作次数。如小麦-夏玉米一年两熟制中的土壤耕作制，冬小麦播种前，深耕施肥，而玉米播种前采用免耕播种，可以达到“春争日，夏争时”的目的，获得较好的产量。

5.地表覆盖耕作法

地膜覆盖和作物残茬覆盖是近几年来国外发展起来的一种耕作栽培技术。对季节性干旱的黄淮海地区防止地面蒸发，克服早春低温创造了良好的生态环境，这是以保墒增温为中心的耕作制的一个发展。

地面覆盖包括塑料薄膜覆盖、秸秆覆盖等，是与免耕（少耕）相结合的一种耕作法。鲁南地区利用秸秆盖田已取得成效；地膜覆盖的发展，在北方经济作物及城市菜区应用的更为广泛，它不仅能直接防止地面蒸发造成的水分损失，有效地利用水源，而且能改善作物生长需要的各种因素，充分利用这些地区日照充足，日照时间长的特点，克服早春低温危害的弊病，为作物夺取稳产、高产打下了基础。

地面覆盖的作法：秸秆盖田有的是将玉米秸秆在春天铺在麦行间，而将麦秸铺在玉米和棉花行间，作法各异，但收到的效果是一样的。

整地是地膜覆盖栽培的基础，在充分施用有机肥的前提下，提早并连续进行耕翻、灌水、耕地、起垄、镇压等措施。要注意施足肥料，计算好肥料的配比，使种床细碎，播种后盖好塑料薄膜。这种方法在城市郊区的菜地是经常见到的。而大面积的旱地，一般在经济作物上使用，如棉花、花生有用地膜覆盖的，其作法是在秋耕整地的基础上，将种床备好播种，然后盖以地膜，可取得较好的经济效益。

地膜覆盖的好处是减少蒸发，提高土壤水分含量。覆盖以后，土壤表面的小气候发生变化，切断了土壤水分同近地层空气的水分交换通道。由于日夜温差的缘故，从土壤底层蒸发出来的水形成水滴凝集在膜上，随着湿度的加大，水滴在重力的作用下滴入土壤表层，这样构成了一个从膜到耕层之间的水分循环，有效地抑制了土壤水分的蒸发，提高了土壤表层的水分含量。据北京市蔬菜栽培试验，4月26日和5月13日各测一次含水量，地膜覆盖的水分损失少，由19.05%降到17.93%，失水1.12%，而没有地膜的则由19.21%降至15.21%，失水4.0%。盖地膜后使70厘米以下土层土壤水分向上移运的量增加，并积集在上层。1980年7月测定了两米土体内的水分变化，70厘米以上土层比裸露地水分高3.1～3.4%，而80厘米以下却减少了1.3%。

试验还证明，地膜覆盖还能克服早春的低温，据5月上旬一昼夜观测，从最低温到最高温覆盖的每小时增温2.7°C，而不盖的只增温1.7°C，覆盖的每小时增温速度为不覆盖的1.6倍。另外还能改善土壤的物理性状，气相增加，容重降低，总孔隙度增加，对保持土壤水分，促进微生物的活动，调节土壤养分都有一定的作用。

6.建好“土壤水库”

黄淮海地区除个别水利条件较好的地区之外，绝大部分地区是靠天然降雨的雨养农业区。天然降水成了当地农业生产发展的主要水源。大气降水落到地面之后，一部分形成迳流汇入江河，成为地表水；一部分渗入地下，受到不透水层的顶托，埋藏在含水层中变成地下水；还有一部分被土壤截留、蓄存，形成土壤水，这部分水是常为人们所忽视的土壤水资源。

由于土壤是个布满了大大小小孔隙的疏松的多孔体，水分就存在于孔隙或土粒间。

土层深厚的土壤，具有良好的孔隙性，具有蓄存、调节水分的功能，所以土壤水库也是自然界中水分循环的几大活动水库之一，这是发展农业生产不可缺少的重要水源，必须认真对待。

土壤水库是一个蓄水量相当大的水库，具有庞大的蓄水库容。据资料计算，如果作物对土壤水分的利用层以2米深计算，则每亩地的土壤可蓄水550～600毫米，即360～400立方米。那么一个100万亩耕地的县，土壤水库蓄水可达到3.6～4.0亿立方米，相当于几个地面蓄水1亿立方米以上的大型水库。土壤水库具有贮水容量大、面积大、不占地、不怕淤、不修渠、不耗电、不耗油、不发生土壤盐渍化的优点，只要通过一系列的增肥、改土、加厚活土层、蓄水保墒措施就能把降水蓄存在土壤中，不需要特殊的地形条件，也不需要大量的工程投资。

建设“土壤水库”的技术措施：

(1)增施肥料，以肥养土，肥土蓄墒　黄淮海地区有三分之二以上的耕地处于中、低产水平。地瘦缺肥是影响黄淮海地区发展农业生产的主要障碍，干旱也是影响农业生产的原因之一，但是干旱和肥力究竟哪个起主导作用呢？从调查中发现县与县之间，户与户之间，地与地之间，单位降雨所形成的产量有很大的差异，即“丰中有欠，欠中有丰”，地块之间在相同自然条件下，产量差异很大，究其源，是土壤肥力的差异在起作用。

增施肥料，改善土壤物理状况，可以增加蓄水容量（表3-1）。河南省洛宁县卡村在施足农家肥的基础上，增施氮、磷化肥，实行氮、磷配合，小麦增产显著。25公斤碳铵作底肥的小麦单产265公斤，做追肥的单产190公斤，不施碳铵的亩产155公斤，增施过磷酸钙25公斤的亩产239公斤，氮：磷以2：1配合的亩产277.9公斤，结果看出磷肥效果更为显著。

表3-1　施肥对蓄水量的影响

蓄水量 mm ＼ 土壤层次 cm 处理	0～30	30～100	100～200
施有机肥	62.0	132.9	93.4
不　施	56.8	113.1	56.8
增水率(%)	9.2	17.5	64.4

土壤肥力的高低对水资源利用的影响是很大的。在目前生产水平较低的情况下，每生产1斤粮食，高肥力土壤只消耗1.0～2.0毫米的降雨，而肥力低的土壤，往往消耗2～3毫米以上。

(2)调好茬口，分层用水　在同等投肥及本区大多年份冬春干旱多风的条件下，不同茬口之间对土壤水分的不同层次间的吸收利用不同，造成土壤剖面、土壤水分的垂直分布不同（表3—2）。而不同的茬口对小麦的产量和耗水状况又有不同的影响（表3—3）。这样对利用不同深度土壤水分的作物合理搭配，可以保证不同层次的用水，提高了土壤水分的利用率。

耐旱作物对干旱的适应性很强，因此要因地制宜扩大耐旱作物的种植，这是利用生物适应环境，提高作物对水分资源的利用和转化效率，发展旱地农业的重要途径。

(3)合理灌溉，节约用水　黄淮海地区水资源不足，供需矛盾较大，尤其是海河流域，每亩耕地占有年迳流量仅188立方米，为全国平均值的11%。因此，必须立足于节水灌溉和旱地农业相结合，以旱农为重点的发展战略。

在半干旱、半湿润易旱的黄淮海地区，一方面水资源不足，另一方面在发展灌溉农业

表3-2　不同茬口土壤含水量的垂直变化（%）

1980年10月

土层深度(cm) \ 茬口	玉米	谷子	糜子	大豆	绿豆	小豆	休闲
0～20	20.65	19.38	21.00	20.34	20.63	20.61	21.16
20～40	19.80	19.38	18.64	19.36	19.41	19.61	19.69
40～60	18.16	19.02	18.79	17.75	18.63	18.08	18.34
60～100	16.57	17.97	19.06	16.61	16.21	17.37	20.90
100～140	17.75	19.53	20.00	17.12	17.34	16.95	21.96
140～200	17.79	18.48	19.17	17.11	17.88	17.40	19.73

表3-3　不同茬口对小麦耗水状况的影响

项目 \ 茬口	玉米	谷子	糜子	大豆	绿豆	小豆	休闲
小麦产量（斤／亩）	115.3	104.6	106.5	170.0	161.0	171.0	303.3
总耗水量（mm）	271.45	300.81	325.85	298.41	302.06	285.70	379.02
籽实耗水系数(升／斤)	3132	3972	4150	2046	2492	2225	1666

中又有很大的浪费。自流灌区渠系有效利用系数仅有0.35左右，每亩地平均年引水量高达1000多立方米，生产1公斤粮食需引水1000～1500公斤；井灌区有的每亩每次灌水量也达70～80立方米，更有甚者每次每亩灌水300立方米。在灌水次数上，也存在着越多越好，而不考虑成本和对水资源的浪费。各种作物根据其生理要求，需要一定数量的水分，但并不是水分越多越好、水分越多产量就越高。如中国农科院灌溉研究所在偃师县的研究表明，小麦浇越冬水、拔节水、孕穗水、灌浆水的处理亩产小麦358.3公斤，而仅浇越冬水、孕穗水的亩产也达到350公斤，多浇两水只增产8.3公斤。经济效益显然不如浇两水的高，特别是在薄地上，肥力是个主要限制因素，浇水越多，不但不增产，甚至出现相反的结果。在灌水方法上，要采用畦灌、沟灌、隔沟灌等节水方法，在经济力量雄厚的地方也可以搞喷灌、滴灌等节水方法，总之要想尽办法节省用水，扩大浇水面积，以争取大面积的均衡增产。省水灌溉，灌关键水，增产效果也很明显。实践证明，这是旱地农业发展的一个新途径，应该加强研究和应用。

(4)增加库容多蓄水　土壤水库之所以能够贮存大量的水分，主要是因为土壤有一定的持水能力。土壤的持水能力与土壤的孔隙度、土壤质地和结构、松紧状况以及有机质含量的多少密切相关。土壤的持水量，首先取决于毛管孔隙度，土壤质地和耕层构造也是影响持水性能的主要因素。在土壤质地、结构和有机质含量相同的情况下，土壤的松紧状况，同样是影响库容的因素之一，如上松下紧的土层构造，降水很快渗入松土层，蓄持在紧土层的毛细管中，不易散失，蓄持的水量就多；反之，水分不易渗入土中，渗入的水分也不易蓄持下来，而表层水又容易蒸发，所以是一种失水漏水的土壤水库，持水

能力低。在不给土壤增加任何物质的情况下，增加库容的有效办法就是精耕细作，用机械的力量，调节土壤的松紧状况，改善土壤的物理性质，从而蓄住天上水，保住土中墒，提高旱地水资源的利用效率，使有限的水资源在农业生产中发挥更大的作用。

①伏耕蓄雨，增加入渗。一般7、8、9三个月，是雨季的高峰，也是土壤水分最多的时期。但这个时期的降雨集中了全年降雨量的50～70%，是蓄水的关键时期。夏作物收获后，在休闲地上及时进行伏深耕或深松耕，对蓄保自然降水具有重要意义。中国农科院土壤肥料研究所多年的研究、试验资料表明，伏深耕的休闲地比不耕的休闲地，在播种小麦前，土壤水分增加5%以上，小麦出苗率提高40%以上。1981年7月至1983年5月底定位观测结果表明，播种前两米深土层内平均亩蓄水量为275.5立方米，比对照多26.2立方米，土壤蓄水增加10.5%，产量增加95.2%，水分利用率提高27.4%。

伏耕的时间越早，蓄墒效果越好。早伏耕0～2米土层蓄水385.9毫米，迟伏耕蓄水336.9毫米，早耕比晚耕多蓄水48.9毫米。伏耕的次数和质量对蓄水同样影响很大。从表3-4看出，伏季多次深耕和细耕，特别是雨前深耕，雨后耙，保蓄水分效果更佳。伏耕后，收墒时间的早晚，要根据当地雨季的早晚和气候来定，在华北地区，一般8月底以后，降雨减少，蒸发量加大，如果立秋前不及时收墒耙地，土壤水分会迅速丢失，不但保墒困难，还会直接影响产量。秋粮田则要求早锄地、深锄地，后期浅锄盖严，蓄水保墒。

表3-4　伏耕质量对土壤水分的影响

伏耕质量	测定日期	不同土层含水量（%）		
		0～20	20～40	40～60
不　耕	7.28	12.3	13.1	12.3
	8.8	9.3	11.4	11.4
伏耕三次	7.28	12.3	13.3	13.3
（每伏耕一次）	8.8	12.0	13.1	13.2
细耕(1.2伏耕)	7.28	12.3	13.1	12.3
	8.8	10.7	12.9	13.9

②秋耕耙耱，春旱秋抗。雨季以后，整个土壤剖面水分含量是充分的，但是由于气温仍高，降雨减少，作物秋收以后，地表裸露，引起土壤水分不断减少。为了减少深层水分的散失，应该在秋作物收获以后及早秋耕耙耱，对蓄水保墒，避免或减少春旱威胁有重要作用。秋耕时间除土壤粘重，含水量高的低洼地以外，一般是秋耕愈早，底墒愈好，来年春墒也好。

黄淮海地区一般冬春多风少雨雪，因此，更应强调秋耕，避免春耕。如果秋耕时没有施上有机肥料，不得已非在春季施肥的，也应尽早施肥，早浅耕，尽可能减少扰动土壤，散失水分。

表3-5　降雨前后不同耕法对土壤水分的影响（北京，1979）

处理	土壤层次(cm)	土壤蓄水量(mm)		雨后比雨前增加	
		雨前	雨后	mm	%
免耕	0～10	23.3	23.6	0.3	+1.3
	10～20	25.3	22.5	−2.8	−11.1
	0～20	48.6	46.1	−2.5	−5.1
浅耕	0～10	11.8	18.0	6.2	52.5
	10～20	18.5	24.4	5.9	31.9
	0～20	30.3	42.4	12.1	39.9
深耕	0～10	5.7	17.9	12.2	214.0
	10～20	10.6	22.6	12.0	113.2
	0～20	16.3	40.5	24.2	148.2

深耕为什么能增加土壤蓄水量？这主要是深耕或者深松以后，打破了托水的犁底层，加深了耕作层，扩大了土壤水库的库容，从而提高了土壤的蓄水能力。1979年，中

国农科院土肥所在北京东郊进行的试验证明（表3-5）。在少雨或无雨的季节，深耕或深松反而有利失墒，丢失水分，如雨前的测定数字，深耕比免耕含水量少得多，所以在这些地区，深耕要有针对性。

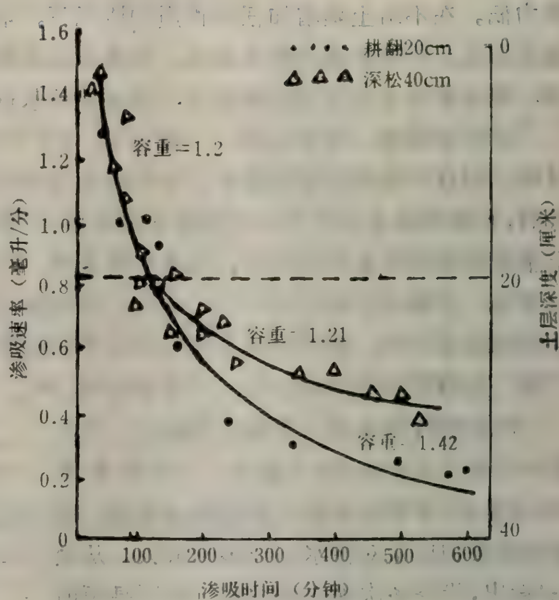


图3-2　不同处理土壤的渗吸曲线（土柱法）

土壤过紧实往往影响到水的渗透，免耕处理地表紧实，降水后不易下渗，而容易产生迳流，因而雨后土壤蓄水量增加甚少；深耕处理增加了大孔隙，水分渗的快。中国农业科学院土肥所进行的室内模拟试验的结果也说明，土壤紧实度对水分的渗入有明显的影响（图3-2）。表层容重都是1.2克／立方厘米，其渗吸速率和入渗速度基本上没有差异，而20～40厘米土层，由于容重不同，表现出了很大差异，深松创造了较为适宜的紧实度，其渗吸速率比耕翻的增大近两倍，渗透系数提高5～6倍。同样在一个剖面中不同层次的土壤，其渗水速率也是不一样的，坚硬紧实的犁底层影响了水分的入渗速度（表3-6）。深耕或深松后打破犁底层，加快了水的入渗，减少了地面迳流，提高了土壤的蓄水保水能力，增加了土壤有效水的贮量。

表3-6　不同层次土壤的物理性质与渗透系数

层次	容量 (g/cm³)	总孔隙 (%)	相对含水量 (%)	渗透系数 (mm/小时)
耕作层	1.16	56.2	21.3	6.5
犁底层	1.59	40.0	55.0	0.07
心土层	1.35	49.1	38.2	3.2

③顶凌耙地，减少蒸发。早春土壤解冻返浆是土壤水分变化的第一个聚墒高峰期，此时水分损失很快，是春季保墒的关键时期。群众一般采用顶凌耙地或者先碾压后耙耱的办法，切断毛细管，使地表形成一个疏松的隔离层，保住土中墒。早春耙地的时间不能太早也不能太晚，太早了粘着耙齿，过晚耙齿入土深，松土层厚，孔隙增加，蒸发激烈，不利保墒。

④镇压提墒，保苗增产。秋耕过的春播地，在早春耙地保墒的基础上，如果表层土壤含水量在15％以下时，进行播种前的镇压，对提高播种质量，改善土壤水分状况，达到全苗、壮苗具有良好效果。试验证明，播种前后镇压过的作物，特别是小粒种子的作物，比不镇压的出苗齐全，长的快，根系发达，数量也多，耐旱性能加强，一般增产10～30％以上，个别年份甚至成倍增产。

镇压要因地制宜。对土壤较干，坷垃较多的地要压的早些、重些，必要时应压两遍或多次镇压。轻质砂土应在潮湿时压，干时压反而效果差；地势低洼的低洼地、盐碱地，不宜镇压；土壤过分干燥，耕层内墒情很差，只靠镇压也解决不了问题。

第三节 几种低产土壤的改良利用

黄淮海平原低产土壤主要有盐渍土、砂姜黑土、风沙土等，分布面积有1亿亩左右，是发展农业生产的重要限制因素。这些地区一般都有人少地多（人均占有耕地3～5亩），土地后备资源丰富，以及农业生产水平低的特点。这些障碍因素一旦被消除或削弱并提高了农业生产管理水平，优越条件所蕴藏的潜力即可发挥出来，农业生产可获大幅度增长。因此，低产土壤的改良利用是黄淮海平原农业发展中的一个重要问题。

一、盐渍土的改良利用

黄淮海平原约有5000万亩盐渍土，三十多年来，由于黄河、淮河和海河的治理，不仅减轻了水旱灾害，也为改造盐渍土创造了条件。根据统计，通过采取综合治理措施，已初步改良了盐碱地3000多万亩。七、八十年代在黄淮海平原建立了若干实验区，如山东省的禹城、陵县、寿光，河北省的曲周、南皮、后营，河南省的商丘、封丘，江苏省濉宁等。这些试验区都取得了较好的成效，生产上发生了很大的变化，经济上有了明显的改善，科研上也取得了较好的成果，为黄淮海平原盐渍土的改良积累了经验。这些试验区改良的主要经验是，旱涝盐（碱）瘦统一考虑，实行农林水并举的综合治理方法，一方面结合农田基本建设，建立以浅井为主的井、渠结合的农田工程，以调节水盐运动，达到抗旱防涝治理盐碱的要求。另一方面结合农业利用，施肥培肥，调整农业结构，加强管理，以提高土壤的抗逆性能和生产性能，达到改土增产的目的。

1.盐渍土的形成、类型与特点

黄淮海平原的盐渍土是在半湿润季风气候影响下形成的，其水盐运动规律，盐渍土的发生和性状上的特点，不同于干旱半干旱地区的盐渍土。本区盐渍土的形成发生，是在季风影响下，由于各历史时期黄河决口、改道泛滥频繁，影响着当地特有的水盐运动。从大地形来看，土壤盐渍化一般从高到低处逐渐加重；从中、小地形来看，在洼地边缘及洼地的局部凸起处，易于积盐。由于洼地是水盐的汇集中心，所以盐碱地多与洼地相伴发生。从土质来看，在一定的地下水条件下，壤质土比粘质土易于积盐。粉砂壤土在本区分布最广，一般粉砂（粒径0.05～0.025毫米）含量在60～80%，具有特有的物理性质。一是土壤吸水后膨胀，造成透水性差，释水性弱；二是失水后板结，易导致表土强烈返盐；三是有更强烈的土壤毛管性能。所以盐碱地多数在这种粉砂壤土上发生。

黄河水是黄淮海平原盐渍土的形成与发生主要的水、盐来源。黄河自上游就溶解着岩石风化物和土壤中的多种可溶性盐类。行经中游泥沙迁移，又不断的溶解着土壤中的一些可溶性盐类。据测定，黄河水矿化度为0.2～0.36克／升，海河水系为0.3～0.5克／升，淮河水系为0.2～0.38克／升。这种低矿化度的河水和不同质地的沉积物一旦沉积在不同的地形部位，就发育成现在的土壤和水文地质状况。

为此黄淮海平原地下水埋藏深浅及其矿化度高低，又是直接关系到地下水盐能否转变为土壤水盐和土壤是否发生积盐的一个决定性条件。一般地势越低，地面、地下水逕流越不通畅，地下水埋藏越浅，矿化度越高，土壤容易发生盐渍化。平原缓岗地，地下逕流通畅，地下水埋深大于3米，矿化度在0.5～1克／升，土壤不易发生盐碱化。但冲积平原的微斜平地，坡度平缓，地下逕流缓慢，地下水埋深2米左右，地下水矿化度1～2

克／升，土壤易发生盐渍化。在冲积平原的大型洼地边缘，因地下水位浅，地下迳流滞缓，矿化度2～5克／升，往往分布有大面积盐碱地和盐碱荒地。

在蒸发量大于降雨量、地下水位浅、蒸发作用强烈的情况下，土壤易发生盐渍化。因此，只有将地下水位控制在不致因蒸发而使土壤积盐的深度，土壤才不会发生盐碱化。

黄淮海平原盐渍土按其盐分组成划分有下面几种主要类型。

（1）硫酸盐氯化物盐土（包括卤碱、潮碱、黑卤碱等） 其盐分组成以氯化物为主，硫酸盐次之，重碳酸盐较少，不含苏打。盐碱后一般地面显潮，有薄层结皮，稍干处地表有白色盐霜，还含有较多的吸湿性强的氯化镁和氯化钙，常年呈潮湿状态，群众称之为“万年湿”。在这类盐渍土上作物很难生长，自然植被稀疏。

（2）氯化物硫酸盐盐渍土 其盐分组成以硫酸盐为主，氯化物次之，重碳酸盐含量较少，不含苏打，一般pH值8.0左右。冬春旱季地面蓬松潮湿，群众称之为“白面碱、面碱”等。由于盐分以硫酸盐为主，对作物危害较轻，一般易出苗而不好保苗。

（3）重碳酸和碳酸盐盐渍土 其盐分组成以重碳酸盐和碳酸盐为主，氯化物和硫酸盐次之，一般pH值多在8.5以上，碱化度和分散度都很高，因而物理性质不良，土壤板结，不易透水，是一种典型的碱化土，群众称之为“瓦碱、瓦缸碱、牛皮碱”等。一般瓦碱发老苗不发小苗。

（4）碳酸盐盐渍土 其盐分组成以重碳酸盐和碳酸盐为主，氯化物硫酸盐较少，一般pH值9.0以上。地表常有一层极薄结皮，结皮鼓起成泡状，结皮下形成大量蜂窝状孔隙，湿时地面呈灰黄色。群众称之为臭碱、马尿碱，一般不生长作物，多为荒地。

黄淮海平原盐渍土虽然其属性不同，但普遍具有某些共同的积盐特征：

（1）旱涝盐碱相伴发生的特征 由于黄淮海平原的气候是旱季长，雨季短而集中，旱涝不匀。旱季积盐，雨季淋盐，淋失的盐分入渗补给地下水，随着旱季的到来，地下水盐分又通过土壤毛管作用，将盐分带到地表，以此循环往复，形成旱涝盐碱周而复始，即谓之“盐随水来，盐随水去”的水盐运动。

（2）表层积盐的特性 本地区土壤盐分表聚性较强，土体盐分大部分集中于10厘米表土层。据各地分析结果，一般盐渍土0～5厘米土层含盐量多在1%以上，5～10厘米含盐量约在0.2～0.6之间，而10厘米以下土层含盐量显著减少，形成了土体盐分上多下少的垂直分布状况。

（3）季节性积盐特征 本地区一年四季的土壤盐分变化，基本遵循旱季积盐和雨季脱盐交迭进行的运动规律。一般从6月下旬到9月初是雨季，属土体脱盐期；9月到11月是缓慢返盐期，12月至翌年2月是土壤盐分相对稳定时期，3月至6月是强烈积盐期。

（4）盐分组成复杂且多呈斑状分布的特征 由于黄淮海平原受泛滥沉积物的影响，微地形起伏变化较大，砂粘相间交替沉积。同时，地下水矿化度高低不一，其盐分组成较复杂，盐碱地多呈斑状分布。

2.盐渍土改良

黄淮海平原属半湿润季风气候，年降水量为500～1000毫米，但受季风气候影响，有60%以上的降水过程发生在夏季。因降水过于集中，致使夏季易涝，而其他季节干旱，旱涝交替出现。在地形上，多地上河，水网密集，纵横交错，宣泄不畅，自然排水条件很差。长期实践证明，黄淮海平原的旱涝盐碱改良要立足于利用当地有利的自然条件，

实行综合治理。

(1) 以排为基础，继续改善排水出路　三十多年来，黄淮海平原大规模地对骨干河道进行了治理，大大提高了行洪除涝能力。但是，由于田间配套工程差，严重地影响了骨干工程效益的发挥。因为，排洪除涝是通过河道、沟网及时的排出过多地面水和土壤水，而盐碱地改良则是在排水、排盐基础上改善农田水盐状况，发展灌溉也必须解决排水问题，不仅排地表水，更重要的是排除过多的地下水，控制地下水位防止土壤返盐。例如鲁西北地区治理了徒骇、马颊、红卫、万福等骨干排水河道以后，基本控制了一般洪涝灾害。但是，由于河道建闸节节拦蓄，排水不畅，降低了排水、排盐能力，提高了地下水位，引起土壤盐渍化。有些地区由于在一些河道上建闸，以河代渠，排灌合一，加之普遍缺乏沉沙设施，灌排渠系不配套，土地不平整，超额引水，大水漫灌，致使部分河道淤积严重，防洪除涝能力下降，盐渍化又有回升。如山东省聊城地区由于河道淤积，排水能力降低34%左右。河北省海河治理后，由于治理标准偏低，大部分河道只有三年一迂（有的是五年一遇）的排水标准，而且河道浅，排地下水能力差。同时田间工程不配套，出现了大河不满小河满，影响了排水。如红卫河平均每公里淤积泥沙21万立方米，占开挖量的3%，徒骇河平均每公里淤积泥沙8.6万立方米，占开挖量的19%。由此看出，清除河道淤积，打通排水通路，健全排水系统，仍然是黄淮海平原治理旱涝盐碱的重要问题。

(2) 科学地利用黄河水资源　黄河横贯黄淮海平原中部，是本区最大的地面水源，为沿黄两岸的工农业生产提供了丰富的水沙资源。目前，河南、山东两省年平均引黄河水量约68亿立米（河南23亿立米，山东45亿立米），下游引黄灌区控制灌溉面积2700万亩，抗旱灌溉面积可达2000万亩，已占平原自流灌溉面积的一半。但大多缺乏完善的泥沙处理工程，灌溉渠道淤积严重。目前，引黄灌区土壤盐碱化已有发展趋势。因此，解决泥沙问题，对黄淮海平原旱涝盐碱综合治理关系很大。工程配套也是引黄灌溉中的重要问题。山东省设计引黄灌溉面积1719万亩，配套比较好的仅300万亩，由于工程不配套，不能充分发挥灌溉效益。有些地区，为了抗旱灌溉，只能放水入排水河道，在河道中建闸堵坝蓄水，造成河道淤积，引起地下水位上升，造成土壤盐碱化。因此，首先要解决引黄灌区的配套工程，做到灌排分设，保证排水河道通畅。

(3) 合理开发利用地下水，发展井灌　实践和科学试验证明，开发浅层地下水，发展井灌，不仅可以解决抗旱水源，而且由于地下水位的降低，既可提高防涝能力，又可抑制土壤返盐，加速土壤脱盐和蓄存雨水的能力。通过井灌可起到调控地下水位与土壤盐分的作用，例如河南省人民胜利渠和原阳引黄灌区，每年提取地下水量约占引黄水量的15～20%，对控制灌区地下水位，防止次生盐碱化，起到一定作用。黄淮海平原总灌溉面积为1.2亿亩，其中60%为井灌，成为抗旱灌溉的主要水源。但是，有些地区井群分布不合理，且超量开采出现地下水位降落漏斗；有些地区利用不当，浪费严重，多数地区由于工程配套不全，井灌利用率只有40%左右。由此，合理开发浅层地下水源，充分发挥井灌在抗旱、除涝、治理盐碱中的作用，对黄淮海平原农业进一步发展是极其重要的。

今后发展井灌，要注意提高质量，节水节能，进行机井改造更新，改进井型结构，增加浅层地下水井出水量，推广引蓄地面水进行回灌，进一步研究淡水咸水混浇和改造咸水的措施，切实加强地下水开发利用中的管理，控制地下水漏斗的发展。

（4）进行土壤培肥　据分析资料，黄淮海平原土壤有机质含量低于1%，速效磷低于5ppm的土壤面积占耕地面积的80%左右。土壤普遍瘠薄，施肥水平不高，严重缺磷和营养元素的配比失调是影响本区农业生产进一步发展的一个普遍问题。土壤培肥途径主要靠增施有机肥料，它具有改善土壤的物理性状的作用，还有减少污染、降低生产成本的优点。但是，近十多年来，随着产量和化肥施用量迅速增加，有机肥施用不足的矛盾很突出。增加有机肥的根本问题在于增加有机肥来源，而作物秸杆是主要的有机肥源，还有牲畜和人的粪尿等。黄淮海平原秸秆年产量约有1000亿公斤，每亩平均350多公斤。根据调查资料，目前有50%用作燃料，40%用作饲料，10%直接还田，也就是说一半烧掉，一半还田。由此看出，靠有机能投入量难以提高土壤肥力，因此，必须投入以化肥为主的无机能，以化肥增加生物量，扩大农业物质循环。据调查，黄淮海平原的化肥施用量低于全国水平，而低产地区的化肥用量只有平原高产地区的50～30%。全国化肥网试验资料表明，每公斤尿素对小麦增产的幅度，高产土壤为3～4公斤；中、低产土壤为5～8公斤，也就是说中、低产土壤化肥增产效果要好。另外，在施用化肥时要注意氮、磷、钾三要素的搭配，特别要注意氮、磷的搭配比例。

二、砂姜黑土的改良利用

砂姜黑土主要分布于安徽、河南、山东、江苏等省，面积3000万亩以上。尤以安徽淮北地区面积最大，约有1700～1800万亩，占淮北耕地面积52%以上。这种土壤有易涝易旱、土壤粘重僵硬、结构性能差、肥力低等障碍因素，影响农业生产发展，因此，需要改良。

1.砂姜黑土的形成过程

砂姜黑土是以富含碳酸钙的古河、湖相沉积物为母质，经过淋溶淀积、生物积累和旱耕熟化过程演育而成的区域性土壤类型。

（1）淋溶淀积　主要是指砂姜的形成过程。原来古河、湖相沉积物中的碳酸钙，受生物作用影响，溶解度增大，随水分淋溶下移；当旱季来临后，地下水位下降，底土层变干，通气条件有所改善，淋溶聚积的重碳酸钙经脱水重新成为碳酸钙，如此淋溶淀积，其量与日俱增，并与土粒胶结成为大小不一的砂姜。土体不同深度的砂姜数量、粒径的分布状况，与碳酸钙来源和地下水运动有密切关系。

（2）生物积累　主要是指土壤有机质积累和黑土层的形成。由于气候影响，植物残体在雨季或土壤过湿情况下以嫌气分解和腐殖化过程为主；旱季转为好气分解和矿质化过程为主，如此往复循环。部分难以分解的有机物质如纤维素、半纤维素和木质素等在土壤中极其缓慢地积累，形成了土壤有机质含量较高的特点；由于氧化还原交互作用的共同影响，同时形成了黑土层的剖面特征。

（3）旱耕熟化　主要是指在生产活动影响下土壤的脱潜育和熟化演变。淮北平原是我国古老的农业区之一，垦殖旱作已有三千多年历史。由于气候环境适宜，生产活动日趋频繁，随着农业生产日益发展，人为的耕作施肥、排水灌溉和作物轮作等等，对砂姜黑土农业性状的演变有其深刻影响。

2.砂姜黑土的主要特性和低产原因

（1）主要特性

①剖面特征：砂姜黑土明显而共同的剖面特征是具有黑土层、砂姜层和耕层以下的

棱块状结构层。黑土层厚度一般是20～30cm不等，而部分湖黑土可厚达一米以上，这显然与成土条件有关；黑土层一般出露地表，而覆盖砂姜黑土和覆盖湖黑土则为近代冲积物所覆盖。砂姜层埋位一般在50cm左右，厚度、数量不等，呈零星分布，而湖黑土则一米土体无砂姜层。一般砂姜黑土通体无石灰反应。

砂姜黑土具有共同的剖面结构。耕作层（13～20cm）呈灰褐-黑灰色，屑粒状结构，质地重壤或轻粘土，无新生体；犁底层（20～50cm），灰黑色，土层紧实，棱块状结构明显，重壤或轻粘土，有少量锈色斑纹和锰铁结核；心土层质地多为轻粘土，棱块状结构，裂隙纵横，结构面有灰白或黑灰色胶膜淀积。黑黄杂色或黄褐色，锈色斑纹和铁锰结核增多、并出现砂姜，土体有不同程度潜育现象。

②物理特性：砂姜黑土的农业物理性状不良。一般耕层质地偏重，粘土矿物以伊利、蒙脱为主，容重偏高，总孔隙度偏低，水分物理性状差，显然影响肥力诸因素的协调以及土壤与作物之间养分的供求关系。

③主要农化特性：砂姜黑土有机质和养分全量一般，速效磷极度贫乏。砂姜黑土的微量元素状况，据分析和有关资料报道，有效态锌、钼平均含量很低，应注意适当补充。另据硼的有效率与土壤酸碱度的关系，亦可考虑施用。

（2）低产原因　砂姜黑土所以低产的根本原因，是长期经营管理不善，土地利用不合理，农田生态失调，当前影响农业生产的直接因素是旱、涝、薄、僵、粗，主要是易旱易涝，有效肥力低而失调和耕作性能差等三个方面。

①旱涝问题：旱涝问题的形成是自然环境和土壤特性两个方面的原因，首先，由于季风气候影响，降水分配不匀，且多暴雨，故易成涝；而5～6月又多干旱风，地面蒸发大，故多夏旱。其次，地形低洼，承水面大，除涝工程不配套，排水不畅，易积水量成涝。第三，土壤质地粘重，结构性差，孔隙率小，有效库容低，水多时明涝暗渍，作物受害；水少时又难能补给耕层因蒸发造成的水分不足而形成旱象。群众评价砂姜黑土是漏风、漏水、漏肥、怕旱、怕涝、怕渍。

②肥力问题：土壤养分如氮、磷、钾和有机质的绝对含量一般，但有效肥力很低。其主要原因是：第一，复种指数高，施肥量少，土壤用养失调。据调查，平均复种指数160%；年亩施肥量是土杂肥1250～1750公斤左右，标准氮化肥10公斤左右，作物结构不合理，豆科作物（包括绿肥）仅占总耕地面积23.5%。第二，土层紧实、结构性差，尤其是耕层以下裂隙纵横的棱块状结构，使根系伸展困难，肥力因素间关系失调，导致土壤供肥能力差。第三，速效磷含量很低，使氮磷比例严重失调，更加剧了土壤和作物之间养分供求的不平衡关系。

③土壤耕性问题：群众描述砂姜黑土"干似一把刀，湿时一团糟"。其实质是质地粘重，结构不良机械物理性差，而粘结力、粘着力和塑性指数偏高。因此干旱时土体坚实成块；水分稍多时即成泥泞状态，水分继续增加时则土壤高度分散，所以耕性差。具体表现为机械能量消耗大，适耕期短，整地困难。影响播种质量和耕作管理。

3.砂姜黑土改良途径

砂姜黑土的低产原因是多方面的，改良措施亦应综合考虑，但其根本途径必须遵循生态平衡理论，以水利为基础，改土培肥为中心，改良利用相结合，实行农林牧综合治理。具体办法，可因地制宜的从生产利用入手采取以下措施。

（1）排涝蓄水，发展灌溉　根据砂姜黑土区排水困难和易旱易涝的特点，治水的根本方针应以水治水，变害为利。基本原则应按流域规划，集中治理，以排为主，排蓄并重，以蓄为排，排蓄灌相结合。具体措施除治山治河和改善排水条件外，可因地制宜地发展库塘坝和深沟河网，桥涵闸渠等骨干工程，务求建管配套，能排能蓄能灌，这样既可就地分蓄减轻下游威胁，又可增加地面蓄水量以资灌溉；既能及时排除地面积水减轻土体内涝，又能相对稳定或提高地下水位，改善根系活动层的水分补给状况，延长旱象周期。同时可利用水面发展多种经营，调整农业经济结构。因此，在除涝同时，充分利用地面蓄水，合理开发地下水，发展灌溉是水的合理调控，旱涝兼治发展生产的有效途径。

砂姜黑土棱块状结构明显，地面不平整，阻水严重，耗水量大，灌溉效益低。因此，平整土地是提高灌溉效益的重要前提。灌水技术原则上要求浅水勤灌，增墒防旱。灌水方法务求沟灌、窄畦短灌或小墩串灌，有条件的宜发展喷灌，不宜长畦通灌。切忌大水漫灌。

生产实践证明，治水是砂姜黑土综合治理的前提。鉴于砂姜黑土地区涝旱产生条件的特点，必须实行以排为基础，涝渍旱综合治理的原则。解放以来，农田水利建设上虽投资巨大，但涝旱灾害仍然较重，其主要问题在于忽视了直接和农田发生关系的中小型配套工程。因此，在骨干排水河沟初具规模的情况下，治水的重点应放在开挖中小毛沟以及桥涵建设配套工程上，尽快完善排水系统，消除涝旱灾害。实验区的实践证明，这是投资少，见效快的有效措施。具体做法是：在沟渠田林路统一规划的基础上，中沟按5年一遇设计，口宽12米，深3米。小沟和毛沟以排涝防渍的要求进行布置，口宽5米、深1.5米，毛沟口宽2米、深1米，中沟、小沟和毛沟的间距分别为600米、200米和130～150米。这种配套工程的除涝防渍效果，据对地下水和土壤水分的实地观测表明：中小毛沟和桥涵配套完善的条件下，地下水位有效地控制在77厘米以下，土壤水分保持在18～20％之间，消除了涝渍灾害。但如配套不完善，排水不畅，沟中积水，则地下水明显上升，土壤水分处于饱和状态，渍害明显。只有中小沟，缺少毛沟排除田间积水，其除涝防渍效果也较差。

在除涝防渍的同时，积极发展灌溉工程是治水的重要组成部分。砂姜黑土地区地下水资源丰富，除用河水灌溉外，积极发展井灌，在水源条件好的地方，可适当发展水稻，实行水旱轮作，逐步建成旱涝保收农田。

（2）用养结合，培养地力　农业措施改良的基本原则是以生物为主体，增加土壤有机质积累，改良利用相结合，通过各种途径维持和提高土壤肥力。

①因地制宜，积极发展绿肥：绿肥的改土增产效果已为生产实践所证实，但目前尚未引起应有的重视和推广应用。据河南资料，驻马店地区绿肥面积仅13.5万亩，占总耕地0.31％。全区人均耕地1.85亩，如遂平、汝南、泌阳、确山和正阳等县，人均耕地超过2亩，发展绿肥并非人多地少无立足之地，而是潜力很大。因此，可因地制宜的合理调整作物布局，把充分用地和积极养地结合起来，发展冬、夏季绿肥；根据水利等条件在宽行作物行间套种短期绿肥；利用废弃边散闲地种植田菁、柽麻、苜蓿、草木栖和紫穗槐等，用于割青沤肥或牲畜饲料以扩大肥源。

②增施有机肥料：增施有机肥料是改土培肥和高产稳产的重要措施之一，目前的问

题是当地燃料缺乏，秸秆不能还田；复种指数高，绿肥尚未发展；牲畜数量少，有机肥源不足。因此，当前不少地方解决肥源不足的主要措施，一是发展油料作物返饼还田，二是依靠氮化肥。然而，饼肥直接还田，难免可惜，同时数量有限，也不能解决根本问题；特别是氮化肥除用于临时性的补充施肥，或在短时期内籍以提高产量水平是有效的，而单一施用氮化肥有引起土壤养分比例失调和增加有机质消耗的趋势，更不能取代有机肥料。增加有机肥源和加速土壤有机质积累的根本途径是发展畜牧业和林业生产，扩大有机肥源；解决和节约农村能源，实行秸秆还田。肥料不足，施肥水平低，是砂姜黑土地区产量不高的主要原因。尤其是有机肥的施用量少，不仅影响了作物产量的提高，而且成为土壤肥力不断下降的主要原因。要提高有机肥的施用量，首先要解决有机肥的肥源问题，从长远的观点来看，只有实行农林牧相结合，才能提供大量优质的有机肥。实践证明，在目前的情况下，大力发展绿肥是充分利用土地资源，实行用养结合，迅速解决肥源不足和提高作物产量的有效措施，同时也是为发展畜牧业创造条件打下基础。

秸秆还田结合深耕深翻，创建构造良好的土体，改善土壤理化性状，提高土壤有机质含量。为了调节秸秆还田时的碳氮比，使之同时达到增加养分又提高土壤有机质含量的目的，进行了秸秆还田和绿肥掩青、深耕深翻结合的试验研究，初步结果见表3-7。

表3-7　秸秆加绿肥掩青对土壤理化性状的影响

项目＼土层深度＼处理		对照			柽麻1000公斤／亩			麦草250公斤＋柽麻1000公斤／亩			
		0～12	12～32	32～50	0～12	12～20	20～50	0～12	12～20	20～32	32～50
		(厘米)			(厘米)			(厘米)			
容重（克／厘米^3）		1.42	1.58	1.42	1.27	1.59	1.49	1.3	1.29	1.47	1.47
孔隙度%	总孔隙	47.09	41.82	47.09	52.04	41.49	44.79	51.05	51.38	45.44	45.44
	通气孔隙	8.33	1.88	—	11.49	—	1.83	11.27	11.34	3.10	—
有机质（%）		0.94	0.76	0.64	0.89	0.71	0.80	1.05	1.05	0.85	0.56
全氮（%）		0.058	0.056	0.041	0.069	0.053	0.064	0.073	0.067	0.061	0.053
碱解氮(ppm)		68.8	61.0	53	67.5	60.9	63	102.0	85	73	—

注：试验时间1978.6.20，试验田面积为4亩，不设重复.测定时间1980.6.13，机耕深度18－20厘米。

从表3-7可见，秸秆还田加绿肥掩青对土壤理化性质有明显改善，活土层由12厘米增加到20厘米，耕作层土壤容量下降0.12克／厘米^3，总孔隙度和通气孔隙分别提高3.96%和2.94%，有机质、全氮、碱解氮分别提高0.11%、0.015%和24～34ppm。同时对小麦产量也有很好的增产效果，第一年比对照增产136.9%，第二年增产80.9%。

③增施化肥，改善土壤营养条件，调节土壤养分平衡：针对砂姜黑土普遍缺氮严重缺磷的特点，采取增施化肥，实行氮磷配合施用技术，是调节土壤养分供求平衡和迅速提高作物产量的有效措施。采取氮磷配合施用技术，产量大幅度提高，每公斤化肥增产小麦3.9公斤。

据调查试验，每公斤钙镁磷肥可增产小麦2.12公斤，过磷酸钙增产1.92～4.48公斤。磷素营养的正常供应，具有提高细胞结构的充水度和胶体束缚水，减少细胞水分损

失，增加原生质的粘性和弹性，从而增强原生质抵抗局部脱水的耐干旱等特殊生理功能。因此，砂姜黑土增施磷肥，适量配施氮肥，是合理调整氮磷比例，提高施肥综合效益的重要措施。

3.打乱土层，深耕改土

砂姜黑土一米土体内虽有少量砂姜，但埋位较深，无碍耕作管理。但耕层以下由于质地粘重，长期形成的棱块状结构，裂隙纵横，是当前影响耕性、土壤供肥、协调水热状况和根系环境等的主要障碍，也是群众说的砂姜黑土漏水漏风漏肥的主要原因。因此，打乱土层，机引深耕，破除棱块状结构层，是增强土壤保墒能力，增加孔隙度，降低比热，改善结构状况和提高土壤熟化度等一系列物理性状的耕作改良措施之一。深耕后应重施有机肥料，当年以种植耐瘠作物如红薯、高粱等为宜，最好与绿肥作物带状间作，加速土壤培肥。深耕深度可控制在40厘米，宜在封冻前进行，以便土垡藉冻融胀缩解体促进风化。

三、风沙土的改良利用

根据资料统计，黄淮海平原约有2500万亩沙地，占总面积的8.0%，主要分布在河流沿岸及黄河故道两侧，呈带状分布，以河南面积最大，河北、山东次之，苏北、淮北也有分布。这种土壤由于土质沙性重，易干旱，土壤养分含量缺乏，一般土壤有机质含量0.35～0.54%。因此，要针对沙地的特性，综合利用与改良。

1.沙地类型及其理化特性

（1）从黄淮海平原沙地的成因、形态和地理分布特点，可将沙地划分为四个类型，即平铺沙地、波状起伏沙地、沙丘、沙垄状沙地、硬岗沙垄地。

（2）根据沙土的物理性质，特别是机械组成，结合群众命名，又可将沙土大致区分为粗沙土、细沙土、粗粉沙土和淤底沙土四种。现着重对前三种沙土，简介如下。

①粗沙土：群众又称作“马牙沙”、“飞沙”或“响沙”等。主要分布在黄河故道及泛滥沉积的主流地带，是组成沙丘沙垄沙岗最重要的物质。一般粗沙地土层深厚，发育不明显，多含有少量大于一毫米的石英、云母片等，由于其粗细沙颗粒达90%以上粘粒很少，因而质粗、疏松易受风蚀。目前多被用于植树造林，防风固沙，或被垦为林场和果园。

②细沙土：群众多称之为“泡沙”、“火沙”和“流沙”。分布在离河床较近，紧靠粗沙土外缘的地方，多系黄泛故道漫溢过程中的沉积物。细沙土与粗沙土相比较，大于0.25毫米的粗沙颗粒少，而粗粉颗粒偏多，粘粒显著增加到10%左右。因此，细沙土的质地较细而均匀，疏松易耕，易发好苗但不拔籽，肥劲短，保水保肥力差，仍属植物营养十分贫乏的土壤之一。

③粗粉砂土：群众又叫“面沙”或“板沙”，主要分布在离黄泛故道河床稍远的地方，也属黄泛故道漫溢过程中的沉积物。粗粉砂土比前两种沙土质地较细，特别是0.05～0.01毫米的粗粉颗粒增多是其特征之一。目前粗粉沙土多利用为农田。但由于质地松散、耕作粗放施肥量少，又漏水漏肥、有机质不易积累，因而肥力也低。

2.沙土的利用改良

（1）植树造林，防风固沙　根据农业生态学理论，针对沙区旱涝、风沙瘠薄的特

点，大搞植树造林，充分发挥林业对防风固沙，调节气候，减轻旱涝，增加收益，缓和“三料”矛盾，改善生态环境等方面的巨大作用，是改善沙区农业贫困面貌的根本措施。

沙区林业要先行，首先要从宏观出发，营造大型防护林带。事实上，河南省自解放初期，就在整个豫东营造了五条长达520公里，宽为1～2.5公里的大防护林带取得显著效果。大型防护林带的布局，主要是沿黄河故道、黄河大堤、主要河道和沙荒集中分布地区为骨干，结合农田防护林网，因地制宜，采取不同规格。

沙区群众在长期与风沙作斗争中，积累了丰富的固沙经验，河南省尉氏县地处豫东平原黄泛区，东部地势平坦，西部沙岗延绵，沙粗地薄。截止目前，全县已完成大面积沙荒造林27万多亩，农田林网50万亩，农桐间作32万亩，农果间作9万亩，四旁植树1900万株，全县林木覆盖率达到27%。昔日“风吹黄沙遍地流，十年九灾不保收”的穷县，如今变成“西部绿海洋，东部林成网，桐茂粮丰”的新天地，群众创造出“两槐占沙岗，榆树进村庄，杨柳栽路旁，桐树进大方”的基本经验，已在全县范围内得到推广。河南省沙区很早就积累有“前拉后挡”，“四面围攻”，“贴膏药扎针”等固定沙丘，以及平原沙地推行桐粮、果农、枣农和条农间作的经验。

各地固沙造林树种，一般选择具备耐风蚀、耐沙性和耐旱耐瘠而速生的优良树种，诸如刺槐、紫穗槐、毛白杨、沙兰杨、小叶杨、泡桐、侧柏、杨柳和白腊条等。在配置上多实行乔灌结合，杨槐混交等方式。

（2）以林促农牧，改善农业结构　林业发展起来之后，沙丘沙岗被林木覆盖，农田林网变成了平铺沙地的天然屏障，既调节了小气候，涵养了水分，又减轻了干热风的危害，再加上林多肥多资金多，从而保证了农业连年稳产高产。尉氏县李家村造林前，出门一片黄，种地不打粮；植树造林后，扩大了资金来源，全部井灌实现机电双配套，亩施粗肥七、八方，小麦单产达273.5公斤，比造林前提高18倍。以往沙区农田多“以粮为纲”，单一经营，现在广大沙区正在逐步建立起以小麦花生为主的轮作制度，尤其是花生已成为沙区发展农业的一项优势。

（3）发展园艺，大种枣树、苹果和葡萄　在大型防护林带与农田林网的保护下，针对沙区人少地多、地势平坦、土层深厚、沙质疏松和地下水资源丰富的特点，发展枣、梨、苹果、葡萄等果树，有着特殊的优越条件。解放初期，在河南省豫东建立起来的兰考县仪封园艺场、民权县农林场，就是在沙区发展园艺的成功典型。仪封园艺场，原座落在见风起沙的黄河故道沙区。自1958年前营造成农田防护林网后，大力栽植了苹果、葡萄为主的果园。根据民权县农林场粗放管理的葡萄经验，一般亩产在1500公斤以上，价值600元左右，目前国家已把商丘、兰考一带列为全国四大葡萄基地之一。民权县委也决心在三年内将现有的3万多亩葡萄园扩大到10万亩，充分挖掘和发挥沙区的潜在优势。

大枣是我国沙区主要特产之一。豫东的新郑、中牟、开封和豫北内黄一带的大枣，久负盛名于国内。当前各地采取的枣粮间作，枣和花生间作的种植方式，经济效果显著，值得提倡和推广。

（4）种植绿肥牧草，培肥地力　平原沙区地多人少，耕作粗放，漏水漏肥，土壤瘠薄。一般土壤有机质含量只有千分之二、三。各种主要植物营养元素普遍缺乏。因此，在沙区发展绿肥牧草，以地养地，仍有广阔前途。各地的实践证明，沙区种柽麻、草木

栖、苕子和乌虹豆，均能生长良好，并有显著的增产效果。尤其是有些地方试行的春花生与毛苕轮作，可能是以地养地，争取花生高产的有效途径。在沙丘沙垄以及平沙地上普遍种植的紫穗槐，长势旺盛。除割条搞副业外，若能每年有计划的刈割两次枝叶，压青肥田，肥效定会显著。

沙打旺，学名又叫“地丁”，是先锋固沙的豆科绿肥牧草，民权、宁陵、睢县沙区均有种植。仅民权县就有1万亩沙打旺已经成熟结籽，一般亩产25～30公斤种籽。今年秋季又用飞机撒播1.5万亩，出苗情况良好。河北省永定河故道沙荒地上种植沙打旺3.2万亩，获得明显经济效益。

在广大沙区，把沙打旺作为绿肥和牧草纳入大农业结构中去，发挥其覆盖、培肥和饲草的巨大威力。据各地试验，沙打旺的第二年旺季，全年割两次，可获得亩产万斤牧草。据化验分析，沙打旺风干物含氮量1.1～3.8%，含磷0.15～0.36%，含钾1.4～1.5%，其粗蛋白含量可达17.67%，是一种优质的饲草，可用来发展沙区畜牧业，达到以牧肥田的效果。

（5）挖沟打井，除害兴利　根据河南资料，平原沙区的内涝危害有两种形式：一种是因地面积水的涝灾；二是沙地的内排水不良而出现的渍害，群众称作“亚巴涝”。形成涝、渍危害的因素，除因雨季过量的集中降水，降落在地势低平，地下水位高的沙区外，还有的是因为土体内的夹粘土层的阻滞涝水的入渗。因此，挖沟除涝、发展井灌井排和翻淤压沙等都是调控涝、渍灾害的有效措施。由于沙地颗粒粗，蒸发量大而易干旱。保水保肥能力低，而漏水漏肥性能强。所以，不论是浇水与施肥，均应以“少吃多餐”为原则，发挥最佳的经济效果。目前，有些条件较好的沙区社队，正在推行喷灌，搞硬化渠道，这都是因地制宜，充分发挥水资源利用的好办法。

（6）引黄淤灌，改良沙地　在现黄河两岸的洼涝沙区，利用黄河丰富的泥沙资源，采用引黄放淤，是改造沙地的有效措施。中牟县刘集灌区万滩、大孟、东漳等公社的沙土和盐碱地，近些年来，采取引黄放淤和引黄种稻改土措施，已使12万亩的沙碱薄地变成了稳产高产的淤土或蒙金沙地。长垣县孟岗公社北部大王庄等十个村，沙沟纵横、沙丘起伏，过去一直缺粮，经过几次放淤之后，一万多亩小麦单产100多公斤。有些社队宁肯暂时淹村搬家，也要争取淤地改土。

黄河泥沙养分比较丰富。据分析，一般泥沙中含有机质千分之六七，其他植物营养元素也比较多。中牟万滩乡安庄村的沙土，淤灌后土壤有机质提高0.37%，全氮量提高0.032%。当地种植的红薯、大豆，一般均表现大幅度增产。

（7）翻淤压沙，改良土壤　黄淮海平原沙区，是历代黄河决口、改道、交错沉积过的地方。有不少沙土分布的地区，土层中埋藏有深浅、厚薄不等的粘层和壤土层。群众历来就有翻淤压沙或翻淤掺沙的经验，以改变土壤物理性质，提高蓄水保肥能力。据初步了解，中牟县南部沙区，在沙地下面1米左右埋藏有粘土或壤土层的有底沙土就有10万多亩，有的粘层仅埋在50厘米左右，就地翻淤压沙的潜力很大。淮阳县刘振屯乡，是有名的集中沙区，以往曾用了三年时间把埋藏在沙地下面1～2米深的淤土，翻淤压沙近7万亩，从根本上改变沙区农田面貌，变成了林茂粮丰的富裕之乡。各个地区的沙地，应通过土壤普查，把沙区土体夹粘的面积搞清楚，有计划地把能翻淤压沙的地块，尽快地改造过来，以加快当地农业发展的步伐。

第四节　土 壤 培 肥

一、几种低产土壤养分状况

黄淮海平原约有耕地3亿亩，其中盐渍土、砂姜黑土和风砂土三大低产土壤约1亿亩，占总耕地面积的三分之一。低产地区一般人少地多，长期来进行广种薄收的经营，生产水平既低，施肥水平也低，粗放经营的结果造成土地瘠薄，生产力下降。土壤养分状况总的特点是，有机质含量偏低，氮素缺乏，极度缺磷。根据近年来一些县土壤普查的结果以及部分试验资料，将三大低产土壤的养分状况分述于下。

1.盐渍土　盐渍土以斑状插花分布于黄淮海平原大部分地区，主要分布于洼地边缘即所谓二坡地上，面积约5000万亩。由于盐分的限制，盐渍土上的植被和作物生长不良，有机质来源较少；同时盐分的化学组成也降低了某些养分的有效性，如磷素和锌被钙固定。加上多数盐渍土地区地广人稀，耕作粗放，土壤养分含量一般都偏低。从表3-8可以看出，有机质含量一般为0.5～0.8%，全氮含量为0.024～0.060%；有效磷含量很低，多数在5ppm以下，而钾素比较丰富。

表3-8　盐渍土耕层土壤的养分状况*

县　名	土　种	有机质(%)	全　量(%)			速效(ppm)		
			N	P	k	碱解N	P	k
山东禹城县	轻度厚沙底中壤盐化潮土	0.48	0.0482	—	—	—	5.2	—
	中度厚沙底沙壤盐化潮土	0.64	0.0368	—	—	—	8.4	—
	重度厚沙腰白土盐化潮土	0.58	0.0491	—	—	—	1.6	—
河北永年县	轻壤质轻度盐化潮土	0.69	0.056	0.030	1.76	33	4	173
	中壤质轻度盐化潮土	0.85	0.062	0.075	1.86	62	7	206
	中盐化轻壤质盐化潮土	0.68	0.046	0.062	1.86	29	4	107
	重盐化轻壤质盐化潮土	0.76	0.054	0.074	1.92	52	8	130
河南兰考县	轻盐壤土	0.463	0.024	0.119	—			
	中盐壤土	0.329	0.041	0.110	—			
	重度盐土	0.671	0.025	0.104	—			
	轻盐灌淤土	0.616	0.040	0.128	—			

* 取自典型剖面中耕层土壤的分析结果，表3—9，3—10同此

2.砂姜黑土　砂姜黑土分布于淮河以北的冲积湖积平原。在古代湖相沉积物的基础上，再经淮河及其北侧诸支流泛滥沉积覆盖而成。主要分布于河南信阳、周口、驻马店和安徽涡阳、宿县五个地区，耕地有3000多万亩。砂姜黑土是暖温带南端和亚热带北端的过渡地带，由草甸潜育土经脱潜育过程而发育形成的一类独特土壤。特征是具有约40厘米的黑土层，质地粘重；黑土层以下为棕黄色重壤或粘土，土体呈棱柱状结构，有潜

育化特征，有锈斑，一般在30厘米以下出现砂姜。有的地区在2米深处出现巨大的砂姜盘，土壤呈中性或微碱性，全剖面均无石灰反应。

砂姜黑土的养分状况与它的理化性状有关，表现为潜在肥力较高，而有效肥力较低（表3-9）。除碱化的砂姜黑土——白碱土外，土壤有机质含量均在1%以上，一般为1.0～1.3%；全氮含量为0.06～0.09%。有机质和全氮含量与耕层土壤颜色有关，颜色较深的黑土、淤黑土和山淤黑土的有机质及全氮含量较高；黄土及青白土次之。砂姜黑土碱化以后，有机质与全氮含量明显下降。砂姜黑土质地粘重，也影响土壤的供肥强度，表现有效肥力不高，特别是有效磷缺乏，一般为2～6ppm。全钾和速效钾比较丰富。

表3-9 砂姜黑土耕层土壤的养分状况

土种	有机质（%）	全量（%）			速效（ppm）		
		N	P	K	N（碱解）	P	K
深位砂姜黑土	1.16	0.059	0.079	2.02	68.5	3.7	191
中位砂姜黑土	1.28	0.079	0.082	1.82	50.6	4.1	200
青黑土	1.25	0.081	0.129	1.82	55.1	2.7	158
死黑土	1.19	0.080	0.071	1.95	72.3	2.1	222
黑　土	1.20	0.082	0.077		57.6	5.7	161
黄　土	0.94	0.064	0.050		49.7	3.0	121
青白土	1.01	0.060	0.062		46.0	3.3	134.6
淤黑土	1.11	0.077	0.077		56.0	6.1	194
山淤黑土	1.19	0.088	0.072		70.0	3.5	175
砂姜土	1.10	0.075	0.062		52.5	4.3	146
白碱土（碱化砂姜黑土）	0.60	0.033	0.074		25.8	1.5	74.6

3.砂土地　砂土主要在河流沿岸及故道（主要是黄河）两侧，呈带状分布，面积有2000多万亩，以河南面积最大，河北、山东次之，苏北、皖北也有分布。砂土主要是历代河流（主要是黄河）决口泛滥经流水选择沉积而成。紧砂漫淤，凡河流故道与近河道处，由于河水流速较大，砂粒沉积，即形成砂土地。流水沉积后的砂地经风力再搬运，部分地区形成砂丘。

砂土保水保肥力差，土壤养分含量低。养分含量以细砂土较高，粗砂土次之，半固定砂丘和流动砂丘最低（表3-10）。

二、土壤养分分布状况与分析

1.有机质和全氮含量

有机质是构成土壤有机矿质复合体的核心物质，也是土壤养分的储藏库。因此，土壤有机质数量的消长反映出土壤肥力的水平。近二十多年来黄淮海平原低产土壤肥力发展趋势如何，是大家共同关心的问题。据河北省植保土肥所对河北低平原13个样点进行

表3-10　砂土地耕层土壤养分状况

县 名	土 种	有机质 (%)	全 量 (%)			速 效 (ppm)		
			N	P	K	N(碱解)	P	K
兰 考	均质砂土	0.246	0.015	0.099				
息 县	灰粗砂土	0.26	0.023	0.027	2.119			
	灰细砂土	0.45	0.048	0.04	2.411			
	灰面砂土	0.71	0.052	0.044	1.763			
永年县	砂质潮土	0.71	0.038	0.024	1.36	33	13	97
	粗砂土	0.13	0.026					
	细砂土	0.71	0.04	0.19				
	流动沙丘	0.028						
	半固定沙丘	0.076						
	固定沙丘	0.541						

对比研究的结果，从1955年到1979年的二十五年来，土壤有机质少数点有所增加，个别样点保持稳定，多数样点有机质含量下降。在13个对比样点中，土壤有机质较之二十五年前增加者4个，占30.7%，维持原水平者2个，占15.4%；降低者7个，占53.9%。7个肥力下降点土壤有机质平均绝对值减少0.2%，平均相对值减少21.6%。根据两次土壤普查，河北低平原土壤有机质中碳氮比约为6～8，土壤有机质全氮比为12～18。可见，土壤全氮含量也随土壤有机质下降而相应减少。可是，这样的对比研究资料不多，不足以论

表3-11　低产区耕层土壤有机质含量及分布

土类区	县别	三 2～3		四 1～2		五 0.6～1.0		六 <0.6		平均含量 %
含量标准(%) / 级别		面积	%	面 积	%	面 积	%	面 积	%	
盐渍土地区	禹城县			167,503	16	799,304	76.35	79,948	7.65	0.79
	陵 县			383,194	31.93	757,619	63.14	59,216	4.93	0.689
	曲周县			248,487	29.2	565,903	66.5	36,592	4.2	0.91
	任丘县	6603	0.62	364,171	34.69	628,880	59.07	59,856	5.62	0.922
	冀 县			61,442	5.9	840,406	80.7	139,547	13.4	0.764
	清河县			2,012	0.4	314,600	59.3	213,500	40.3	0.94
	故城县			7,599	0.9	716,197	84.8	120,632	14.3	0.71
砂姜黑土区	息 县	979	0.05	1,346,928	63.3	752,291	25.52	17,531	0.83	
	宿 县			1,284,748	45.3	1,500,038	52.9	50,350	1.8	
风砂盐渍土区	兰考县			11,919	0.93	442,142	34.41	830,651	64.66	

证黄淮海平原低产土壤有机质演变的趋向。但是，从一些县完成的土壤普查资料看出，黄淮海平原低产土地区的土壤有机质和全氮含量，在全国土壤养分含量分级标准中处于较低的水平。从表3-11看出，除砂姜黑土土壤有机质含量能达到1%，在分级标准中为四级，盐渍土和砂土的有机质含量大部分在1%以下，在分级中为五级和六级。土壤缺氮仍然是黄淮海平原农业生产中的突出问题。从表3-12看出，盐渍土区和风沙土区的缺氮面积为80～99%。砂姜黑土区土壤全氮含量稍高，但供氮强度偏低。

表3-12　低产区耕层土壤全氮含量及分布状况

土类区	县别 \ 含量标准(%) \ 级别	三 0.1～0.15		四 0.075～0.1		五 0.05～0.075		六 <0.05		平均含量 %
		面积	%	面积	%	面积	%	面积	%	
盐渍土地区	禹城县			157,976	15.09	751,462	71.78	137,457	13.13	0.054
	陵　县			38,400	3.2	350,820	70.9	310,772	25.9	0.056
	曲周县			68,078	8.0	525,030	61.4	260,401	30.6	0.057
	任丘县	33509	3.15	192,780	18.0	652,940	61.33	185,523	17.42	0 065
	冀　县	27076	2.6	223,900	21.5	520,698	50.0	269,721	25.9	0.0612
	清河县			5,250	1.0	287,150	54.2	237,712	44.8	0.0502
	故城县	5580	0.66	3,720	0.44	582,172	68.94	252,956	29.96	0.0518
砂姜黑土区	息　县	51,774	2.44	819,898	38.72	1,143,488	54.0	102,577	4.84	
	宿　县			1,284,748	45.3	1,500,038	52.9	50,350	1.8	
风沙盐渍土区	兰考县			14,972	1.17	294,439	22.93	975,301	75.9	

黄淮海平原低产土壤中有机质含量偏低是历史条件、自然条件和施肥耕作制度等综合影响的结果。黄淮海平原地处暖温带和北亚热带的半干旱半湿润季风气候区，热量丰富而水分不足，旱季漫长而雨季短暂，土壤多为轻壤和砂壤，在这样的自然条件下，有机质易于分解而难于积累。低产土壤存在旱、涝、盐、砂等障碍因素，自然植被和农作物生长不繁茂，因而生产的有机质量少。黄淮海地处中原，是我国文化发源之地，土地垦殖利用由来已久，土壤有机质含量一向偏低。耕作、施肥措施不当，用养失调，也是土壤有机质含量低的重要原因。

（1）秸秆还田率低。黄淮海平原低产地区目前的农业生产水平尚低，每年生产的秸秆数量有限，而大部分秸秆用作燃料，秸秆沤肥直接还田率和秸秆饲畜间接还田率，多数地区合计不足30%。

（2）有机肥料施用量少且施用不普遍。不少地区有三分之一的耕地多年未施用有机肥料或施用量极少，农业生产单纯依靠化肥维持。据对黑龙港地区九个村的调查，1957年前亩施粗肥虽然少，但不施肥的卫生田面积一般不超过10%。1958年以后至今有的地块20年没有上过粗肥，面积每年达30～50%。又如皖北广大的砂姜黑土区，每亩施土杂肥只有1.7方，每年有120余万亩是不施肥的耕地。

（3）60年代以后复种指数提高过快，超越了自然条件、土壤肥力和社会经济条件的许可。50年代的黄淮海平原，主要以小麦、大豆、杂粮（谷子、高粱、玉米）构成的二年三熟轮作制，在低产土地区一般有三分之一的土地为休闲留麦地。粮田复种指数为1.2～1.3，最高也不超出1.5。从60年代开始，一年二熟制迅速扩展，冀、鲁、豫逐步形成以小麦、夏玉米为主的一年二熟制，皖北砂姜黑土区则形成以小麦、玉米和小麦、红薯为主的一年二熟制，粮田复种指数由过去的1.2～1.3提高到1.5～1.8。复种指数过高，使土地得不到休闲，地力得不到恢复。

（4）由于强调发展高产粮食作物，挤掉了一些养地作物。如50年代的鲁西北平原占粮食作物播种面积10%以上的有小麦、大豆、谷子、高粱、玉米五种作物，到1979年，占粮食作物播种面积10%以上的仅有小麦和玉米两种。黑龙港地区历来粮、豆间混作面积占粮食作物总播种面积的70～80%，豆类作物所占净面积为5～10%，60年代以后，粮豆间混作面积逐步下降，到目前仅占粮食作物总播种面积的3～4%，而麦田面积已占粮田的80～90%，夏玉米面积达80%。绿肥作物的面积时起时落，至今尚未纳入轮作周期。

从以上分析可以看出，近二十多年来，黄淮海平原低产地区土地经营管理的特点是重用轻养，用养失调。这种土地经营方式必然要加速土壤有机质的分解消耗而又得不到必要的补充，收支失去平衡，不利于土壤有机质的积累和地力的提高。

2.土壤全磷和速效磷的变化

黄淮海平原低产土壤的全磷含量都比较丰富，由于土壤富含钙质，磷素易被钙质固定，因此土壤速效磷含量很低。土壤速效磷含量与施用磷素化肥和土壤有机质含量关系密切。在不施磷肥情况下，土壤速效磷与土壤有机质呈正相关（土壤有机质绝对值每增加0.5%，速效性单体磷增加1.1ppm）；在施磷肥情况下，速效磷与有机质的相关性

表3-13 低产区耕层土壤速效磷含量及分布

土类区	县别 \ 含量标准(%) \ 级别	二 20—40		三 10—20		四 5—10		五 3—5		六 <3		平均含量 %
		面积	%	面积	%	面积	%	面积	%	面积	%	
盐渍土地区	禹城县	12458	1.19	62709	5.99	463149	44.24	464196	44.34	44383	4.24	4.6
	陵县	5816	0.5	1422	6.8	277221	23.1	494346	41.2	341194	28.4	5.9
	曲周县			59568	7.0	114032	13.1	284228	33.4	393154	46.2	5.9
	任丘县	1856	0.17	28283	2.76	239595	22.51	297238	27.91	496706	26.64	2.8
	冀县	31242	3.0	426972	41.0	483207	46.4	92684	8.9	7290	0.7	11.8
	清河县	1240	0.3	20112	3.7	205650	38.0	182300	35.0	120950	23.0	5.5
	故城县	4794	0.57	16147	1.91	99736	11.81	203271	24.07	520525	61.64	3.36
砂土姜黑区	息县	163763	7.71	550408	25.99	645345	30.47	339426	16.03	418795	19.8	
	宿县			180816	6.38	693000	24.44	1205540	42.52	755780	26.66	
风沙盐渍土区	兰考县	42860	3.34	201986	15.72	594262	46.26	251873	19.60	193749	15.08	

已不明显，速效磷与磷肥施用量之间开始建立新的正相关关系。50年代以至60年代，磷肥尚未在黄淮海平原推广使用。到了70年代，特别是近几年，磷肥得到普遍推广使用。因此，土壤速效磷含量较之20多年前略有增加。由于磷肥施用水平不同，县、乡、镇、村之间，甚至地块之间，土壤速效磷含量差异甚大。今后，随着磷肥用量逐年增加，土壤速效磷还会上升。但是，土壤速效磷短缺，氮磷比例失调仍是当前黄淮海平原低产地区农业生产中尚待解决的严重问题。表3-13所列举的是几种低产土壤磷素丰缺情况。从表3-13所列10个县的土壤速效磷含量情况看出，处于全国养分分级标准四级以下的土地面积，即速效磷含量小于10ppm的缺磷土地面积占总土地面积的66～96%；五级以下、速效磷含量小于5ppm的严重缺磷的土地面积占35～85%。

3.土壤全钾和速效钾含量的变化

黄淮海平原，包括低产地区，土壤全钾和速效钾含量都较丰富，而且多年来能保持相对稳定。原因是：（1）黄淮海平原多为冲积母质，富含钾素，母质钾素不断释放，源源补充土壤；（2）钾素归还率高。收获的农产品和农副产品从土壤中带走的钾，可以通过不同的途径归还给土地。作物秸秆作燃料，有机质和氮在燃烧过程中逸失，而钾素则保留于草木灰中而返还土壤。

表3-14　低产区耕层土壤速效钾含量及分布

土类区	含量标准(%) 级别 / 县别	一 >200		二 150～200		三 100～150		四 50～100		五 30～50		六 <30		平均含量 %
		面积	%	面积	%	面积	%	面积	%	面积	%	面积	%	
盐渍土区	禹城县			6823	0.6	175040	16.72	718484	68.83	147088	14.05			79
	陵　县	27481	2.3	64122	5.3	407634	34.0	648092	54.1	38930	5.2	13740	1.1	98
	曲周县	319969	37.6	182961	21.5	333585	39.2	14467	1.7					202
	三河县	5900	1.0	118000	2.0	47200	8.0	460010	78	59000	10.0	5900	1.0	78.2
	冀　县	347826	33.4	237438	22.8	311377	29.9	144754	13.9					150.1
	清河县	4325	0.8	102512	19.3	237575	44.8	141450	26.7	41375	7.8	3375	0.6	107.12
	故城县			29891	3.54	130724	15.49	409173	48.45	277153	31.64	7472	0.8	117.0
砂姜黑土区	息　县	41929	1.98	592790	28.0	1444178	68.19	33840	1.83					
	宿　县	284638	10.04	647712	22.84	1251602	44.15	631190	22.97					
风沙盐渍土区	兰考县	104507	8.73	187584	14.0	642406	50.0	329669	25.66	20549	1.61			

4.某些微量元素开始呈现短缺

近年来，由于粮棉产量和复种指数的提高,作物对微量元素的摄取大于归还。同时，70年代对土壤微量元素的广泛研究，已发现黄淮海平原土壤缺乏某些微量元素，特别是缺锌土壤面积大。潮土、沙土、砂姜黑土和盐化潮土都是低锌土壤。据中国农业科学院土壤肥料研究所对山东土壤速效锌的普查结果，全省111个县（市）中，缺锌（土壤有效锌平均值小于0.6ppm）的共有19个县。其中12个县位于黄河两岸，土壤发育于黄土

性冲积物上的潮土、沙土和盐渍土。可能缺锌（土壤速效锌0.6～1ppm）的共有61个县，也主要分布于黄泛平原。另据河北省植保土肥所的普查资料，黑龙港地区的清河、冀县、献县、任丘等县土壤速效锌含量为0.14～11.9ppm，其中有42.4％的土壤标本低于0.5ppm，22.7％的土壤标本在0.5～1ppm之间。鲁西北地区有9个县，土壤速效锌含量小于0.6ppm。如以小于1ppm为土壤缺锌诊断指标，则有大面积的土壤缺锌。

施用锌肥在某些作物上已显示明显的增产效果。属于滨海盐渍土的河北省柏各庄农垦区，30万亩水稻中有三分之一出现缺锌症状（稻缩苗症），施锌肥每亩可增产稻谷29.2～88.2公斤，增产率为7.1～30.9％。中国农业科学院土肥所在山东省21个县117个锌肥小区试验结果也表明这样一条规律，锌肥增产的县与土壤速效锌低的县相一致，主要位于黄河两岸和黑土区。

黄淮海平原大面积缺锌与成土母质、土壤质地、土壤有机质含量、土壤反应和碳酸钙含量有着密切的关系。

（1）成土母质。黄淮海平原土壤成土母质主要为黄河、海河、淮河及其他河流泛滥带来的冲积物，影响面积最大的为黄河多次泛滥带来的黄土性冲积物，母质含锌较低。砂姜黑土区土质粘重，粘粒含量多在30％以上，土壤代换量在50毫克当量／百克土左右。据试验，土壤速效锌含量与粘粒含量呈负相关。这可能是淮北平原砂姜黑土速效锌低的主要原因。

（2）土壤反应。土壤速效锌含量与土壤pH值呈负相关关系，pH升高一个单位，土壤溶液中速效锌的浓度下降100倍。黄淮海平原土壤pH值在7～9之间，在碱性条件下产生$Zn(OH)^2$沉淀，降低了锌的溶解度和对作物的可给性。

（3）土壤$CaCO_3$含量。黄淮海平原除砂姜黑土外，其余土壤均有石灰反应，石灰颗粒吸附固定锌是降低土壤速效锌的重要因素。同时，土壤溶液中Ca^{++}占优势，锌浓度降低，也影响锌对作物的可给性。

（4）土壤速效锌与土壤有机质含量呈正相关。如上所述，黄淮海平原低产土壤中有机质偏低，近年来还有下降趋势，这也影响了土壤锌对作物的可给性。

另外，河北低平原局部地区发现缺铁，淮北砂姜黑土区除缺锌外，还发现缺锰。

三、土壤培肥途径

培肥土壤的主要任务是增加土壤有机质，增加土壤有机质的根本措施在于开源节流。开源就是要多生产有机质，广辟有机肥料来源。节流可以分成两部分：一是要把土壤本身生产的有机质尽可能多地归还给土壤，在黄淮海平原主要是提高作物秸秆的还田率；二是通过耕作措施和合理的作物布局减少土壤有机质的分解消耗。具体来说，应当抓好以下几项工作。

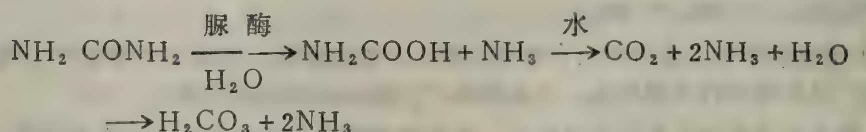
1.以增施化肥增加有机质生产，即以无机肥料换取有机肥料，作为培肥土壤的起点

目前，黄淮海平原农民烧柴、饲养牲畜、增施有机肥料都靠秸秆，解决矛盾的根本办法是增加有机质生产，提高秸秆产量。根据试验，在华北平原如果土壤有机质在1％左右，一般耕作条件下每年每亩耕层纯有机质消耗量约为60公斤。为使土壤中补充积累60公斤纯有机质，需要加进200公斤左右粮食作物秸秆（豆类、绿肥秸秆和树叶则需300公

斤）。秸秆还田量超过200公斤，土壤有机质可以增加；接近这一水平，相对稳定；低于这一水平，土壤有机质含量下降。如果土壤有机质含量高于或低于1%，为了使土壤有机质维持原水平，秸秆还田量可以相应增加或降低。假定粮食产量与秸秆产量之比平均为1：1.5（其中小麦为1：1.3，玉米为1：1.8），则200公斤秸秆相当于133公斤粮食单产。作物秸秆产量与粮食单产成正比，土壤有机质保持1%的水平所需的秸秆还田量占秸秆产量的百分数，则随着粮食单产的增加而降低。如果粮食单产提高到400公斤，则只需三分之一的秸秆还田，这在农村是可以办到的。

从黄淮海平原低产地区现状来看：多数地区农田施用有机肥料数量少，质量差，作物增产所需养分主要靠化肥维持；从广大低产地区来说，目前化肥用量仍属低水平，随着农业生产条件的日益改善，这些地区增施化肥有着巨大的增产潜力。如山东省1980年全省每亩耕地平均化肥用量为55公斤，鲁西北四个地区耕地占全省总耕地38%，而每亩平均化肥用量为32.5公斤。淮河以北的皖北平原有3300万亩耕地，1980年每亩化肥用量只有13公斤。鲁西北四区，60年代初由于旱涝碱灾害，每公斤纯氮平均只增产小麦6.4公斤；到了70年代，随着生产条件的改善，抗灾能力的加强，氮肥肥效明显上升，每公斤纯氮平均增产小麦14.5公斤。磷肥的增产效果更为明显。因此，从黄淮海平原广大地区的现状来看，只有以增施化肥作为起点，迅速把产量搞上去，以化肥换取有机质，走有机无机配合的道路，才能达到快速培肥土壤的目的。

（1）合理施用氮肥，提高氮素利用率　由于黄淮海地区整个土壤pH偏高，大部分在8以上，这对提高化肥的利用率，特别是铵态氮或形成铵态氮的肥料是不利的，然而本区施用的肥料大部分是碳酸氢铵和尿素，所以应当注意施肥方法，否则会造成严重的损失。试验证明，黄淮海地区氮肥利用率仅为25～35%，磷约为15～20%。尿素肥料施入土壤后，在脲酶的迅速催化下变成氨。



$$NH_2CONH_2 \xrightarrow[H_2O]{\text{脲酶}} NH_2COOH + NH_3 \xrightarrow{\text{水}} CO_2 + 2NH_3 + H_2O$$

$$\longrightarrow H_2CO_3 + 2NH_3$$

近年来，尿素作为氮肥使用的增长速度极快，又因为它具有其他肥料所不及的优点，所以在今后还将继续增长。深施是克服损失的有效途径之一。

据研究，黄淮海地区潮土、砂姜黑土和花碱土，其表层脲酶活性因土壤肥力不同而有所差异，但底层（20厘米以下）则比较一致，其结果列于表3-15，这为施用尿素肥料的数量、时间和深度提供了有用的参考数据。有关材料表明，深施碳酸氢铵和尿素都能提高其利用率。尿素深施后，则整个分解速率有所降低。由于尿素的分解主要是脲酶的作用，所以脲酶的季节变化也为施用尿素，防止损失提供一点启示。脲酶活性的季节性变化列于表3-16。

有些地方小麦在初春一次施用尿素，其效果并不比二次施用差。这可能与脲酶活性的季节变化有关。

综合土壤肥力、施肥量和作物品种的情况，在中等肥力水平基础上，如玉米每亩产300公斤，则其氮肥用量可控制在10公斤左右，小麦维持在300～350公斤的单产时，其氮素可控制在11公斤左右。

表3-15　不同土壤的脲酶活性

土　类	层次(厘米)	活　性*
潮　土	0～20	0.37
(山东)	20～40	0.18
潮　土	0～20	0.31
(河南)	20～40	0.13
砂姜黑土	0～20	0.29
(安徽)	20～40	0.15
	40以下	0.09
砂姜黄土	0～20	0.32
(安徽)	20～40	0.19
	40以下	0.13
花 碱 土	0～20	0.25
(江苏)	20～40	0.16

* 脲酶活性以NH_4^+-N毫克／克土.24小时计算

表3-16　土壤中脲酶活性的季节性变化

月份＼地点	河南新乡	山东陵县
3	0.31	0.37
4	0.88	1.00
5	0.90	1.08
6	0.99	1.05
7	1.28	1.07
8	／	1.10
9	0.68	1.16
10	0.33	／
12	／	0.39

作物的施肥除考虑产量情况外，还要考虑土壤养分状况，作物类型以及气候条件等等。当土壤有机质和营养元素丰富时，就可以少施化肥，有机肥料多时，也可酌减。根据田间试验结果，土壤中水解性N如能维持在40～50ppm，土壤肥力属于中等，其肥料用量不要超过上述产量-肥料量的数值，如低于40ppm，则应增加氮肥用量。

（2）增施磷肥，协调氮磷比　黄淮海平原许多地区土壤严重缺磷，有的土壤有效磷仅几个ppm，所以使用磷肥效果极佳。通常，1公斤磷肥可以增产2公斤粮食，甚至有时高达2.5～3公斤。磷肥肥效主要与土壤中的速效磷有关，表3-17是全国化肥网资料的分析结果。

表3-17　土壤速效磷含量与磷肥肥效的关系

级　别	土壤速效磷 (P_2O_5ppm)	肥　效	每500克磷肥增产的粮食	对施用磷肥的要求
严重缺磷	小于10	极显著	大于1千克	每年施用
缺　磷	10～20	显　著	约1千克	每年施用 但可控制用量
含磷偏高	20～30	不稳定	500克左右	少施或隔年施
不缺磷	大于30	不显著	一般不增产	一般可不施

作物对磷的敏感程度的顺序为：豆科作物＞糖料作物＞小麦＞棉花＞杂粮（玉米、高粱、谷子）＞早稻＞晚稻。磷肥通常作基肥效果较好，并根据不同情况，以氮磷配合为佳。

根据各地的一些试验材料，在不同的土壤肥力条件下，如果把氮的用量定为1,那么

表3-18　氮磷比例的参考数

土壤肥力状况	土壤速效磷	氮磷比例	一般粮食增产水平(公斤／亩)
较　低	小于10	1∶1	小于250
中　等	10～20	1∶0.5	250～400
较　高	大于20	1∶0.25	大于400

氮磷比例可参照表3-18。就黄淮海地区而论，在目前条件下，N：P_2O_5可掌握在1：0.3～0.5为宜。

据中国农科院土肥所试验结果，单施氮肥或磷肥增产作用不大，特别是在严重缺磷的土壤上单施氮肥增产甚微。而氮磷化肥配合有明显的连应（表3-19）。

据同位素^{15}N标记试验，在缺磷土壤上增施磷肥，春小麦对氮肥的利用率可由35％提高到52％。所以在目前有机肥用量不多的情况下，应在施用磷肥的基础上增施氮肥，充分利用氮磷化肥相互促进的作用，提高利用率。在严重缺磷的土壤上，小麦亩施氮素5～10公斤，配上等量的磷肥(以P_2O_5计)，比例以1：1为宜。在土壤缺磷，但不严重，表现为单施氮肥效果显著，施用磷肥也有增产效果，氮磷比例以1：0.5为宜。

（3）有机肥与化肥配合，有利当前增产和培肥土壤　目前有机肥数量不多，有效成分稀薄，尤其是其中的氮磷养分不能满足作物高产的需要，必需配合施用化肥。表3-20是中国农科院土肥所在河北省東鹿县三年试验的结果。

表3-19　有机肥和氮磷化肥对小麦、夏玉米产量的影响

（景县八里庄大洋大队，1980～1981年）

有机肥用量	化肥用量	小麦亩产（公斤）	夏玉米亩产(公斤)	合计（公斤／亩）
不　施	CK	83.5	105.5	139
	N_{20}	89	141.5	230.5
有机肥	$N_{20}P_{10}$*	183	204.5	387.5
每季作物	CK	140	159	294
4000公	N_{20}	143.5	206	349.5
斤／亩	$N_{20}P_{10}$	218	253	471

* 系指亩施$P_2O_5$5公斤和纯N10公斤。

表3-20　有机肥化肥配合对小麦产量的影响（公斤／亩）

（東鹿县马兰大队农场，1979～1981）

有机肥用量（公斤／亩）	氮肥用量（公斤／亩）	1979年	1980年	1981年
0	0	197	116.5	135.5
2,500		—	123.0	156.0
5,000		247.5	166.5	185.0
7,500		226.5	154.5	205.0
10,000		244.0	153.0	228.0
0	N12	379.0	263.5	323.0
2,500		400.0	282.0	412.0
5,000		404.0	326.0	434.5
7,500		389.0	346.5	465.5
10,000		347.5	331.5	420.5

第一、二两年以亩施5000公斤有机肥产量最高，可增产小麦百斤左右。第三年小麦产量随有机肥用量增加而增加。但是，要大幅度提高产量必需配合施用化肥。从土壤理化生物性状测定结果看，有机肥与化肥配合施用，对当年增产增收和长远提高土壤肥力都是有利的。

（4）化肥施用中的几个技术问题

①加大氮肥底施的比重。过去施用氮肥，以追肥为主，强调“少吃多餐”。从近年的试验结果看，可以加大底肥比重，减少施肥次数。以这一地区的冬小麦为例，在两合土

（壤土）上，氮肥做底肥的比重可增加到60～70%，其余30～40%在早春一次追肥。蒙金地保水保肥性能好，全部氮肥一次施肥也可获高产。当然，砂土或城镇附近的肥沃地块，底肥的比重不宜过大。

②磷肥应强调底施和混施。因磷肥在土壤中移动性小，而作物根系伸长迅速，所以全部磷肥在耕地时翻入土中效果较好，如果磷肥用量不大，集中施在种子附近，也有很好的增产效果。

③密切注意土壤可能缺钾和某些微量元素的问题。要注意在砂性土壤（如古河道等）和连年种植需钾较多的作物（如棉花、甘薯、某些蔬菜、果树）可能缺钾的问题。在增施磷肥后，由于磷锌拮抗，可能导致玉米、水稻等作物上产生缺锌症。锰、铁等微量元素，在此类碱性反应的土壤上也应予以注意。

2.改变作物秸秆的利用方式，提高秸秆的还田率

随着化肥用量的不断增长，粮食产量逐步提高，随之秸秆数量也大量增加，此外，由于棉花的高产，燃料得到部分解决，因此，许多地区实行秸秆还田，这对保持和提高土壤肥力有很大的作用。以1983年黄淮海地区的统计材料推算，主要作物秸秆大约有7035.3万吨，这对补充土壤有机质和氮、磷、钾等营养有很大的作用。

在黄淮海地区，如果把秸秆折成化肥的数量，那也是相当可观的（表3-21）。

表3-21　黄淮海中、低产地区1983年各类秸秆数量养分含量及折化肥数

项目 秸秆名称	秸秆总量（公斤）	占秸秆总量%	秸秆肥养分含量%			相当化肥量（千克）		
			氮	磷	钾	硫酸铵	过磷酸钙	硫酸钾
稻草	1065096.9	7.6	0.51	0.12	2.70	26073.55	7055.22	57515.24
小麦秸	7068026.9	50.2	0.50	0.20	0.60	169632.62	78031.00	84816.30
玉米秸	3581304.0	25.4	0.60	1.40	0.90	103141.54	776763.20	64468.48
谷子**	438177.6	3.1	0.51	0.12	2.70	10726.61	2902.47	23661.6
薯类*	728238.0	6.2	0.60	0.15	0.45	20973.26	6029.83	6554.14
杂粮**	403235.2	2.9	0.51	0.12	2.70	9871.20	2672.02	21774.70
大豆	806611.2	5.7	1.30	0.30	0.50	50332.56	13357.46	8066.12
合计	14090689.8					390751.34	386810.20	266851.6

* 薯类用马铃薯的资料折算。　　** 谷子、杂粮借用稻草资料。

根据表3-21的材料，秸秆有相当的营养价值，但它还有更重要的价值，那就是能增加土壤有机质，改善土壤物理和化学性质。例如安徽省涡阳县部分大田从1976年起连续使用小麦、油菜和玉米秸秆还田，结合增施化肥，连续五年后土壤有机质增加至1.6%，小麦单产提高到370公斤。此外，种植绿肥，合理施用厩肥、饼肥等有机肥料，配合施用化肥等都是培肥土壤和增加产量的有效措施。农业生产应当由植物栽培、动物饲养和土壤耕作三个连续的部门组成。目前，黄淮海平原的农业主要是作为粮食基地和燃料基地，而作为饲料基地的作用小。秸秆作燃料，有机质和氮素因燃烧损失不能归还土壤。这种农业是不完全的农业。要发展畜牧业就必须提高农业的饲料基地作用，要提高秸秆的还田率，就必须改变秸秆的利用方式。我国人多地少，不能靠大量增加饲料而扩大饲

料作物面积，但是，我国的农业区有大量农副产品可以利用。在黄淮海平原可以把秸秆青贮作饲料，再用家畜排出的粪便作沼气原料，生产沼气的残渣作肥料归还给土壤。这是作物秸秆利用的最有利的形式，要实现这一形式，必须在农业生产三个部门之间加进两个生产“车间”；即在植物栽培与动物饲养之间加一个“青贮车间”以提高秸秆的饲料价值；在动物饲养和土壤耕作之间增加一个“沼气车间”，以缓和农村燃料和饲料、肥料之间的矛盾。这样，就有可能将原来由秸秆组成的燃料基地改变为饲料基地，将来自土壤的养分以有机肥料的形式归还土壤，更有效地组织土壤养分循环。

3.大抓平原地区造林，改烧秸秆为烧柴，腾出秸秆还田

平原地区造林，可以为农业发展积累资金，改变我国木材生产布局。在保持水土，防风固沙，降低地下水位，减轻盐碱等方面起重要作用。同时，每年采伐更新，可生产大量的树叶和干枝柴，为农村解决了燃料，为农业开辟了广阔肥源，为牧业建立了饲料基地。例如，地处豫东平原的鄢陵县，大搞平原造林，现存树木2900多万株，木材蓄积量45万立米，覆盖率达17%，1971～1978年共采伐木材26万立米，除满足本县用材外，支援外地木材14.2万方，每年林业平均收入700万元，1979年达1300万元，占全县总收入的19%。该县每年可收干柴1.6亿斤，产干树叶3.68亿斤，干枝柴是好燃料，干树叶是好肥料和好饲料。这个县每年用作物秸秆和树叶造肥积肥，施肥量每亩平均达8500公斤，比绿化前每亩2500公斤增加2.4倍。以林保农、以林促牧作用十分显著，1980年这个县粮食亩产比造林前增长1.8倍，皮棉增长2.3倍。

平原造林在改变农村燃料结构方面意义重大，被人们誉为“绿色煤矿”。河南省濮阳县韩庄村位于砂荒地上，过去烧柴十分困难。这个大队从1965年开始，大搞治沙造林，经过十年努力，使森林覆盖率达60%，每年收枝柴15万公斤，每人平均可得450公斤干柴，全部解决了群众烧柴问题。

目前，黄淮海平原地域辽阔，林木稀少，森林覆盖率为7～8%，低产地区只有5%左右。如果将森林覆盖率提高到15～20%，就有可能把农村现时烧秸秆的燃料体制改变成烧柴的体制，可以腾出秸秆还田，这对培肥土壤将产生积极的影响。

另外，根据黄淮海平原低产土地区的自然条件、经济条件和肥力水平，适当降低复种指数，压缩耗肥作物，恢复发展养地作物（如大豆、油菜、花生等），多种饲料绿肥等，都是有利于培肥土壤的措施。

第五节　经济施肥

近20年来，我国农业比较发达的地区，单产大幅度上升的原因主要有三条。①增施肥料，特别是增施化肥；②改良作物品种；③改革种植制度，提高复种指数。在这三者之中，高产品种必需以增施肥料为条件，提高复种指数更要有相应数量的肥料为基础。因此，增施肥料，施好肥料是提高我国粮棉单产，走向农业现代化最根本的措施之一。

施用化肥把旧式农业中封闭式的养分循环改变成为开放式的养分循环。增加了土壤中养分，提高了土壤肥力，改善了植物营养状况，促进了农业生产的迅速发展，在营养条件良好的农业生产环境中，植物生长发育正常，可以把更多的太阳能转化为化学能贮

藏在植物产品中（籽实与秸秆等）。施用化肥，从能量的消耗与增值上计算，施用化肥所增殖的能量远大于所消耗的能量，因此，增施化肥在能量转化上也是有利的。随着农村和城市经济体制的改革，我国工农业生产有了很大的发展，粮棉生产水平大幅度提高，化肥用量日益增多，而我国农民又缺乏使用化肥的经验和科学知识，盲目施肥的情况相当普遍。为了进一步发展农业生产，提高化肥施用的经济效益，如何针对土壤的养分状况，作物生长的营养要求，研究不同土壤、不同作物、不同产量水平的最佳施肥技术方案已成为农业生产中迫切需要解决的重大课题。

本节论述经济施肥的基本原理，在此基础上介绍中国农业科学院土肥所在黄淮平原对小麦、玉米、棉花等几种主要作物氮、磷最佳施用量及有关问题。

一、经济施肥的基本原理

1.作物对养分的吸收

（1）作物对养分的吸收量　作物维持正常的生长发育，需要从土壤中吸收各种营养元素。氮、磷、钾三要素是作物需要量最多而土壤供应量不足的三个大量元素，往往需要以肥料的形式加以补充。

作物从土壤中吸取氮、磷、钾等营养元素的数量和比例有一定规律，了解作物对养分的吸取，对于保持土壤养分平衡和达到一定产量水平作物对肥料的需要量，有一定参考作用。从成熟植株分析结果可以看出，氮、磷主要集中在籽粒中，钾钙主要分布在秸秆中。各种作物每生产100公斤主要产品，如籽粒，连同副产品如秸秆在内，从土壤中吸收的氮、磷、钾的数量大致如表3-22。

表3-22　每100公斤主产品（包括秸秆）从土壤中吸收的氮、磷、钾的数量（公斤）

作　物	（氮N）	磷(P_2O_5)	钾(K_2O)
冬小麦	2.8	0.9	2.9
春玉米	3.5～4.0	1.2～1.4	5.0～6.0
夏玉米	2.5～2.7	1.1～1.4	3.7～4.2
水　稻	2.1～2.4	0.9～1.8	2.1～3.3
谷　子	2.5	1.2	2.0
棉花(籽棉)	4.6～5.0	1.5～1.8	4.0～4.8

同一作物品种，由于土壤条件、施肥、浇水和产量水平不同，作物体中所含养分的数量也有所变化。例如小麦籽实中的含氮量，随氮素施用量的增加而增加(表3-23)。

表3-23　不同氮素施用量对小麦籽粒氮素含量的影响

氮、磷施用量 公斤／亩 N	P_2O_5	小麦籽粒含氮(%)	小麦产量（公斤／亩）
0	0	1.86	92.5
5	8	1.88	309.0
10	8	1.95	324.5
15	8	1.96	349.0
20	8	2.09	340.5

（2）营养元素的同等重要和最小养分律　各种营养元素在植物体内有各自的生理功能。植物体内的各种糖类、淀粉、纤维素等碳水化合物，由碳、氢、氧三个元素构成。蛋白质、核酸、叶绿素等物质，除碳、氢、氧外，还有氮、磷、硫、镁等元素参加。微量元素和氮、磷等大量元素主要参加植物体内各种生理功能活化剂酶的组成，或存在于维生素、生长激素中，调节植物体的新陈代谢作用。

各种营养元素在植物体内的作用是同等重要和不可代替的。例如植物缺磷，多施氮

肥并不能弥补或代替。从植物营养的角度来看，产量的提高，往往受某种供给不足的营养元素的限制。因此，补充某种比较缺乏的营养元素，可以大幅度的提高产量。

要获得较大幅度的增产，在满足最小养分供应的同时，也必需改善影响作物生长发育的其他因素，如其他营养元素和水、热、气等条件的改善。

(3)作物不同发育阶段对养分的吸收　作物一生要经历几个不同生长发育阶段，一般可分为幼苗期、营养生长期、生殖生长期、成熟期等。不同作物各生长发育时期吸收养分的数量、比例是不同的。各种作物幼苗期吸收养分数量均不大，随着生长发育加快，吸收养分的数量增加。小麦拔节以后吸收养分明显增加。玉米从孕穗到开花吸收氮、钾多，从开花到乳熟吸收磷多。水稻以圆秆期吸收氮、磷、钾最多。棉花从现蕾到开花吸收氮多，开花后吸收磷、钾多。

不同时期作物吸收养分的数量和比例不同，养分对作物生长发育的影响也不一样。研究表明，作物在生长过程中常有一个时期，对某种养分要求的绝对数量虽然不多，但很迫切，缺乏这种养分时生长发育要受很大的影响，以后再供给这种养分也难以弥补损失，这个时期叫做营养临界期。此外，作物生长过程中还有一个吸收养分数量最多的时期，叫做营养大量吸收期。营养临界期和营养大量吸收期往往不在一起。前者多出现在作物生长发育的转折点，后者往往是在作物生长发育最旺盛的时期。例如各种作物磷的营养临界期是在幼苗期，此时种子中贮存的磷将近用尽或已经用尽，但是根系还比较幼小，吸收能力弱，吸收面积小，如果土壤中速效磷素供应不足，幼苗生长受到抑制，以后即使大量施用磷肥也难弥补苗期的损失。小麦的磷素营养临界期是在三叶期，此时磷素不足，分蘖少，根系细弱，易受冻害，形成难以正常生长的“小老苗”。棉花的需磷临界期为出苗后10～20天，如磷素供应不足，叶深绿，植株矮小，现蕾较晚，霜后花多。玉米出苗后一星期进入需磷临界期，缺磷时基部叶片和叶鞘成紫红色。可见用磷肥做种肥是十分必要的，是一项有效的增产措施。小麦的氮素营养临界期在分蘖和幼穗分化期，这时供给氮素有利分蘖和形成大穗。玉米在穗分化期供给氮素有利穗大、粒多。

营养大量吸收期一般都在作物生长的最旺盛期。例如小麦在拔节到抽穗，玉米在喇叭口到抽雄，棉花在盛花到始铃。这时满足养分的需要对提高产量往往非常显著，即供给养分可发挥较大增产潜力，所以又叫营养最大效率期。但是不同养分对同一作物的最大效率期有时是不同的。例如甘薯生长初期氮肥营养效果好，在块根开始膨大后则以磷、钾营养效果好。基肥、种肥和追肥相结合，保证两个营养时期的养分需要，才能获得高产。

2.经济施肥模式的原理

肥料的增产效应反映施肥与产量的关系，是研究肥料经济效应的基础。只有掌握肥料增产效应的基本规律，才能找出经济上最佳施肥量，以最小施肥量获得最大经济效益。

在一定气候条件下作物最佳施肥模式的建立，首先必须通过土壤养分测试和作物施肥效应的研究，以取得各种基本参数。然后再根据肥料和产品价格，农业上活动资金等选择适当的模式即可定出该年份的最佳施肥水平。这里对经济施肥的一种模式及其原理作一介绍：

参看图3-3（A），设OG代表一土壤在不含某种营养元素情况下，向该土壤施入所缺的养分时，得到的肥料-作物产量反应曲线，O′G和O″G分别代表土壤中某养分含量

大于零，其“实用当量”在横座标上分别为OF_1和OF_2时（“实用当量”为土壤中相当于可以转变为产量的养分数量），土壤测定的目标即是要较为准确的估计OF_1或OF_2。当曲线OG所代表的广义函数为已知，且各个土壤的OF_1或OF_2能准确地加以测定，从而可以预示各个农地的相应产量反应函数。例如，根据土壤测定得知某土壤中某种养分的“实用当量”为OF_1，其相应函数即为曲线OG由象限BO′C所包括的O′G段。当某养分的“实用当量”为OF_2时则其反应函数即为曲线OG由象限DO″E所包括的O″G段。根据这种理解，可选O′或O″作为原点构成图3-3（B）。图3-3（B）代表图3-3（A）中象限BO′C所包括的图形（以O′为原点）。当土壤测定值指示某养分的“实用当量”为OF_1时，反应曲线原点由O′开始。图3-3（B）中的曲线G′（即O′G）与图3-3(A)中反应曲线的O′G段相当。今以图3-3(B)为基础对各种最佳施肥量讨论如下：

(1)单位面积土地获得最高产量的施肥量（F_6）　参看图3-3（B），设曲线G代表估计的产量反应函数，纵座标代表产量，横座标代表施入养分量，由图可知，施肥量大于$O'F_6$时，再继续增加养分用量，产量不再增加，故$O'F_6$为获得单位面积最高产量的施肥水平。一般认为，这是不考虑经济效益时，施肥量的最高限。

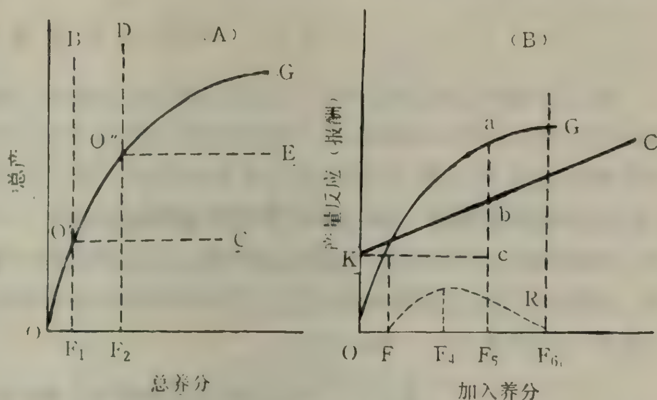


图3-3　反应量及最佳养分加入量图示

(2)单位面积土地获得最大利润的施肥量（F_5）　从经济效益考虑，如化肥供应充足，最佳施肥量应该是单位面积土地上获得最大利润的施肥量。参看图3-3（B），产量反应函数G′可以用作物产量表示，也可以将产量折成货币。直线C（即KC）代表施肥的成本函数。在产量函数用作物产量表示时，施肥成本也要折合成产量。这时，O′K代表肥料（即除肥料本身以外的人工和动力消耗）施用费折合的粮食数（固定数字）。斜线KC表示施肥总成本（肥料成本加施用费）折合的粮食数，它随施肥量的增加而增加。例如，当施肥水平为OF_5时，购买及施用该肥料的成本折合产量为bF_5。在用货币为计量单位时，OG′所代表的产量反应函数应再乘以单位农产品的价格，而KC表示施用费＋肥料用量×肥料养分的单价（KC的斜率代表肥料养分的单价）。

产品报酬和施肥总成本不论是用产品计量或是用货币计量，单位面积土地上获得最大利润的施肥量应当是其总报酬和总成本之间差数最大者。参看图3-3（B），施肥水平为OF_5时，两者间的差数$aF_5 - bF_5 = ab$为最大。所以施肥水平OF_6即为单位面积获得最大利润的施肥量。单位面积最大利润的施肥量一般小于单位面积最大产量的施肥量，其减小的程度视产量反应函数的斜率而定。

(3)肥料养分投资获得最大报酬率的施肥量（F_4）　如用于农业生产的资金有限，或者需要在如农药、畜牧等方面进行投资，或不能经受肥料投资发生经济亏损时，其最佳施肥水平的选择，以能够使肥料养分的投资获得最大报酬为宜。这个施肥水平可

根据下列原理确定：用施肥总成本C去除施肥取得的总报酬G，将得到的R值作曲线R，即报酬率曲线R（$R=G\div C$）。由图3-3（B）可以看出施肥水平OF_4的报酬率R值为最大。投资报酬率最大的施肥水平常低于单位面积最大报酬的施肥水平。

图3-3（B）中的施肥水平OF_3代表施肥成本刚好等于施肥报酬的施肥量。为了获得施肥效益，施肥水平必须大于此值。当施肥水平低于OF_2时，施肥投资报酬低于施肥成本为负值（G＜C）；施肥水平高于OF_3时，施肥报酬大于施肥成本为正值(G＞C)；施肥水平由OF_3增加到OF_4时，施肥报酬率最高，即G／C的比值最大。在农业生产资金不充足的情况下，可根据新品种、植保、家畜、农机具各方面投资可能得到的报酬率，在OF_3到OF_4区间选择适当施肥水平，使施肥投资的报酬不低于其他农业投资的报酬率。

二、小麦氮、磷最佳用量与氮素平衡

为了加速黄淮海平原中低产地区土壤培肥和提高化肥施用的经济效益提供最佳方案和科学依据，1983～1985年，中国农科院土肥所对这个地区不同土壤玉米、小麦氮、磷最佳施用方案和土壤-作物系统中氮素的利用、转化和平衡进行了研究。

1.不同土壤养分、施肥量与最佳产量的相关性

小麦的最佳产量是由土壤基础产量（不施肥区的产量）和施肥最佳效应产量构成的。而最佳产量与土壤基础肥力指标（这里主要指有效氮和有效磷）和氮、磷施用量的总和有一定的相关性（表3-24）。

表3-24　不同土壤养分施肥量与小麦最佳产量的关系

单位：公斤／亩

试验地点	对照产量	0～20cm土层养分		最佳施肥量		土壤＋肥料养分总量		最佳产量	
		N	P_2O_5	N	P_2O_5	N	P_2O_5		
庞　桥	279.5	16.82	4.35	7.5	14	19.32	18.3	425.5	
南北庄	106.5	6.97	1.85	13.5	11	20.47	15.35	362	
常　王	122	10.95	2.11	10	8	10.95	10.11	335	1985年
	105.5	10.90	3.00	15	10	25.90	13.00	389.2	1984年
张　庄	188.5	16.5	3.26	4.5	11.5	16.0	14.76	283	
金　庄	118	7.22	2.05	10.5	6.5	18.22	8.55	282	
后　仓	199.5	13.01	1.5	3	5.5	16.6	7	249	

将上表中土壤加肥料养分总量中的N，P_2O_5与各相应点的最佳产量进行回归分析，求得下面回归方程

$$Y=-633.4143+56.4634N-20.0809P-0.5484NP-0.3394N^2+0.976P^2$$

R值为0.999，标准差S＝9.756，F值为199.8，从R、F值看，上述方程都达到极显著水准，说明土壤加肥料中的氮、磷与产量有很好的相关性。将表3-24中土壤＋肥料总养分中每生产50公斤小麦所用P_2O_5量的平均值1.87公斤代入上述回归方程，即可得到产量与土壤加肥料养分总量的校正表。根据亩产250～400公斤小麦相对应的土壤加

表3-25　土壤养分、施肥量与小麦产量关系和施肥预测表

单位：公斤／亩

产　量		250	275	300	325	350	375	400	425
土壤+肥料养分总量	N	16.75	17.97	19.16	20.48	21.99	23.67	26.6	
	P_2O_5	9	10.0	10.95	11.85	12.8	13.7	14.6	
土　壤养　分	N	5	11.5				11.5		
	P_2O_5	3	3.2				9		
预　测施肥量	N	11.75	6.42				12.17		
	P_2O_5	6	6.8				4.7		

土壤+肥料养分总量－土壤养分量＝预测施肥量

肥料氮、磷相关数量，同时知道土壤中碱解氮和有效磷的测试值，即可预报不同产量水平所需要的氮、磷数量。例如表3-25告诉我们，每亩生产375公斤小麦，土壤＋肥料总的氮、磷需要量分别为23.67，13.7公斤。已知每亩耕层土壤中碱解N为11.5公斤，P_2O_5为9公斤。则每亩需要施用的N＝23.67－11.5＝12.17公斤；P_2O_5＝13.7－9＝4.7公斤。由此说明，在一个相同的气候土壤和种植管理条件下，经过多点的田间试验和反复验证，找出土壤养分、施肥量与作物产量三者之间的数量关系和规律，就可以更科学更准确的指导施肥。

2.氮素在土壤—小麦系统中的转化和平衡

(1)土壤中氮素的动态变化

①土壤中的有效养分。在小麦生长过程中，定点测定了潮土和褐土中碱解氮和有效磷的变化情况。结果表明：从3月中旬到5月中旬土壤中的碱解氮基本处于稳定状态，一般变动在35ppm左右，不同肥料用

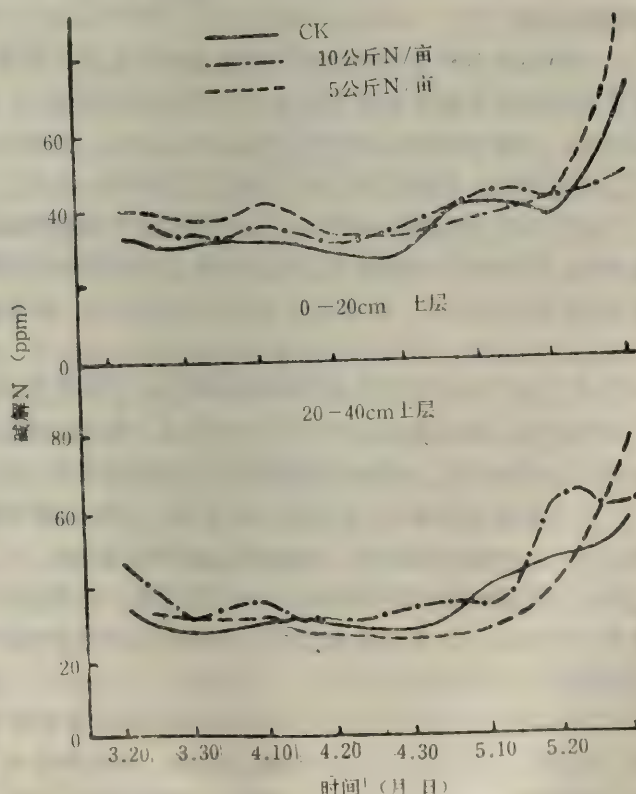


图3-4　1985年小麦生长期间土壤中碱解氮的动态变化

量处理区的土壤氮素含量与施肥量之间没有明显的相关性。5月下旬以后，小麦基本成熟，土壤中碱解氮有明显增多趋势，表土中碱解氮可达到53～94 ppm，这可能由于小麦对氮素的吸收停止，而土壤中的氮素继续矿化积累所致。表层土壤中的有效磷从3月底到5月底逐步处于下降趋势，直到小麦成熟时土壤中有效磷也没有增多的现象，底土中的有效磷，基本上处于平稳状态（图 3-4，3-5）。

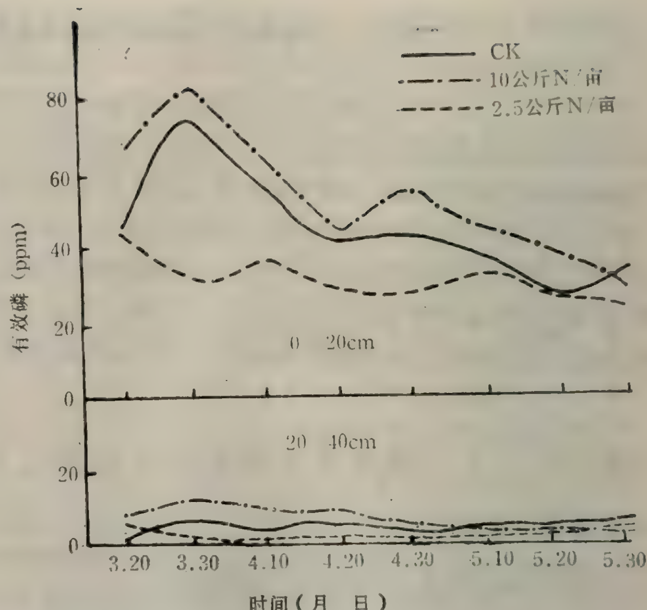


图3-5 1985小麦生长期间土壤速效磷的动态变化

②土壤全氮量的变化。潮土全氮含量比较低，以禹城南北庄为例，表土层 0～20厘米一般只有0.05%左右，小麦播种前 0～60厘米土层平均为0.0354～0.0385%，收小麦后为0.037～0.040%，同时土层中全氮含量有随施肥量增加而增多趋势。

(2)小麦对氮素的吸收利用和施氮量的关系　禹城潮土上小麦分析的结果表明，小麦子实和秸秆中的含氮量与施氮量有明显的相关性，一般的规律是随氮素施用量的增加而增多。不施氮肥区小麦子实含氮量为1.65%，秸秆含氮0.41%，每亩施氮素10～15公斤，小麦子实含氮量接近2%，秸秆含氮量0.5%左右。

关于小麦对氮肥的利用率，采用施氮区小麦吸氮量减去对照区小麦吸氮量，再除以施氮量。这种方法比较简单，同时也考虑了土壤的基础生产能力。按照这个方法计算的结果，氮肥的利用率，随施肥用量的增加而减少。禹城南北庄的试验结果，每亩施氮5，10，15，20公斤，氮肥的利用率分别为80.4、58.75、43、31.8%。每亩施氮5公斤利用率最高，但对比小麦从土壤中吸收的氮素比多施氮素的每亩多1.29公斤，无疑对地力起了剥夺作用，每亩施20公斤产量反而降低，氮素的利用率也只有31.8%，很明显这两种施肥用量都不可取。从提高氮肥利用率的观点来看，每亩施用氮素10公斤是可取的。

(3)氮素在土壤-小麦系统中的平衡　计算土壤作物系统中的氮素平衡的方法主要有二种，一种是计算土壤一作物系统中全氮的平衡；另一种是采用^{15}N的示踪方法。前一种方法所得的结果不很精确；示踪的方法，花费较高，结果比较准确可靠。这里采取全氮平衡和施入土壤中的氮素与作物从土壤中带走的氮素差减法，对氮素平衡问题进行了计算。

在小麦生产中0～60厘米土层的全氮量与氮素施用量的关系是，对照区，亩施氮素5、10公斤，氮素的回收量均比输入量多，每亩分别增加2.12公斤（1.3%）、4.74公斤（2.9%）、10.19公斤（5.9%）；亩施氮素15公斤、20公斤的处理区，氮素的损失分别为2.2%、0.8%，即每亩损失氮素1.5～4公斤。这个计算结果表明，土壤中氮素的

累积、损失与施氮量没有明显的相关性，这可能由于取样误差或其他原因带来的影响。

为了比较客观的反映作物生产过程中土壤氮素平衡与氮素输入输出量的关系，把土壤中全氮量作为一个相对稳定的量，视为一个常数，只计算施入土壤中的氮素和作物地上部分从土壤吸收带走的氮素，然后比较二者之差，按照这种方法计算的结果见表3-26。

表3-26　小麦生产中土壤氮素平衡与施氮量的关系

（1984～1985年禹城南北庄潮土）

处　理 （施N量公斤／亩）	输入N （公斤／亩）	小麦产量 （公斤／亩）	输出N （小麦地上部分）	土壤中氮素积累情况	
				（公斤／亩）	与表土层全氮对比%
对　照	0	106.5	2.175	−2.165	−1.7
5	5	264.5	6.195	−1.195	−0.9
10	10	333.5	8.045	+1.955	+1.5
15	15	351	8.625	+6.375	+4.9
20	20	321	8.54	+11.375	+8.8

氮素的输入、输出和氮素在土壤中的损失、积累量相关性很好，简单明确，例如在山东禹城壤质潮土上，亩施5公斤氮素小麦亩产264.5公斤，小麦地上部分输出氮6.19公斤、土壤损失氮1.14公斤／亩，每亩施氮10、15公斤，土壤中可分别增加氮1.95公斤和6.35公斤。前面二因素五水平的回归分析说明禹城南北庄最佳施氮量为每亩13公斤，亩产小麦357.5公斤。由此可以计算出小麦地上部分输出氮量为8.9公斤，土壤残留氮4.6公斤。因此从氮素平衡和土壤中氮素累积的角度来分析，也证明最佳施肥量的预测是合理的。应该说明，这里所指土层中氮的增加或减少的数量，没有除掉土壤中氮素在自然过程中的损失量。

三、夏玉米氮、磷最佳施用量

夏玉米是黄淮海平原的主要粮食作物之一。夏玉米生长期正是这个地区高温多雨季节，从气候条件来说，对发展夏玉米的生产非常有利。在品种方面，近年来推广了杂交玉米良种，使玉米亩产达到500公斤左右的水平，已经不是一件很困难的事情。因此，针对这个地区土壤氮、磷营养不足、施肥不合理和玉米高产优质的营养要求，研究提出不同土壤玉米高产的氮、磷最佳施用量及其模式，对发展这个地区的玉米生产、降低成本、增加收益具有重要的实践和理论意义。

夏玉米的试验是在小麦试验收后进行的，试验设计，处理和研究方法与小麦相同。现将试验研究的主要结果讨论于下。

1.夏玉米的回归效应方程

现以1985年不同氮、磷施用量对夏玉米产量的效应，采用二元二次数学模型进行回归分析，可以求得表3-27中夏玉米的回归效应方程。材料表明，各试验点的R值都达到

极显著水准，有三个点的F值达到极显著水准，二个点达到显著水准，一个点接近显著水准。总的来看，各试验点不同氮、磷施用量与夏玉米产量密切相关。根据各点夏玉米产量效应方程，可以预测不同氮、磷施用量的产量水平。同时可以预测最高、最佳产量的施肥量和每亩利润。

表3-27　不同土壤夏玉米产量回归效应方程

地　　点	各点的产量效应曲面方程	R	S	F
北京微区（褐土）	$Y=305.4588+37.8824N+20.4004P+0.1264NP-0.5524N^2-0.9242P^2$	0.903**	166.23	8.002**
北京（褐土）	$Y=1099.0495+12.4953N+16.2503P+0.0929NP-0.1911N^2-0.5783P^2$	0.808**	101.55	3.405*
禹城南北庄（潮土）	$Y=336.5704+20.1251N+2.8070P+0.0569NP-0.2707N^2-0.1246P^2$	0.947**	65.23	15.742**
禹城常王（潮土）	$Y=269.2993+14.6254N+0.9432P+0.0206NP-0.2846N^2+0.0714P^2$	0.883**	64.79	3.555*
禹城庞桥（褐土化潮土）	$Y=740.8423+11.7172N+20.2849P-0.0028NP-0.1571N^2-0.3957P^2$	0.943**	63.03	11.337**
德州市金庄（褐土化潮土）	$Y=499.3303+3.5874N+21.9877P+0.1978NP-0.0445N^2-1.0705P^2$	0.849**	67.18	3.102

2.不同土壤玉米最佳氮、磷施用量及其经济效益

根据最佳施肥点应符合边际收益等于边际成本的原则，$\frac{\partial y}{\partial N}=\frac{P_N}{P_C}$；$\frac{\partial Y}{\partial P}=\frac{P_P}{P_C}$

同时根据下列数学模型，求Y对N、P的偏导数。

$$Y=b_0+b_1N+b_2P+b_3N_p+b_4N^2+b_5P^2$$

$$\frac{\partial Y}{\partial N}=b_1-b_3P+2b_4N=\frac{P_N}{P_C};$$

$$\frac{Y}{P}=b_2+b_3N+2b_5P=\frac{P_p}{P_C}$$

根据1985年情况，P_C为玉米单价按0.15元计算；P_N，P_P分别为N和P_2O_5单价，按0.56和0.5元计算。将玉米N、P_2O_5的单价和各试验的回归方程代入上式。即可求得各试验点最佳产量的N、P_2O_5施用量。将各点N、P_2O_5最佳用量代入各相应的回归方程，即得各试验点的最佳产量。根据对照产量、施肥增加的产量和肥料成本，即可计算出每亩利润、产投比和每斤养分的增产效益（表3-28）。

表3-28　不同土壤夏玉米氮、磷最佳用量及其经济效益

地　点	土　壤	对照亩产（公斤）	最佳施肥量（公斤／亩）		最佳亩产（公斤）	每公斤养分增产（公斤）	肥料成本（元／亩）	玉米收入（元／亩）	利　润（元／亩）	产投比
			N	P_2O_5						
禹城常王	潮　土	184.6	9.32	6.95	239.67	3.15	17.95	31.50	13.55	1.75
禹城南北庄	潮　土	168.3	15.39	2.45	351.99	5.35	19.70	57.36	37.65	2.91
禹城张庄	潮　土	461.85	4.95	4.80	522.03	3.1	10.35	18.17	7.82	1.75
德州金庄	褐土化潮土	249.65	11.15	5.38	358.71	3.3	17.88	32.71	14.83	1.82
禹城庞桥	褐土化潮土	370.4	12.60	10.66	593.72	4.8	24.78	66.99	42.20	2.70
北京(微区)	褐　土	152.7	16.11	5.71	555.81	9.25	23.76	120.92	97.16	5.08
北　京	褐　土	549.5	13.13	6.63	720.55	4.35	21.27	51.31	30.03	2.41
平　均		298.65	11.87	6.08	478.57	4.75	19.38	54.14	34.75	2.63

材料表明，七个试验点平均，每亩施N11.85公斤。$P_2O_5$6.095公斤，最佳产量可达478.57公斤。每公斤养分增产玉米4.75公斤。每亩利润34.75元，产投比2.63。从土壤类型来说，褐土增产效益较高，每亩达30元以上；其次为褐土化潮土，每亩 利 润14.8～42元。

3.不同土壤养分、施肥量与最佳产量的相关性

作物的最佳产量是由土壤的基础产量（指无肥区产量）和施肥最佳效应 产 量 构 成的。而最佳产量与土壤基础养分（这里主要指有效氮和有效磷）和氮、磷施用量的总和有一定的相关性。

由于土壤中有效氮、磷的供应量不同，因此，达到一定的产量所要求的施肥量就不同。土壤中养分含量高，则要求施肥量就相应的低一些。反之，则要求高一些，这是完全合乎作物需肥规律的。禹城壤质潮土中有效磷含量达48ppm，只需施用$P_2O_5$2.5公斤，每亩玉米即可达535.5公斤；而褐土化潮土中有效磷含量只有13ppm，每亩需要施$P_2O_5$7公斤，玉米亩产才能达到519公斤。

四、棉花吸收养分的规律与经济施肥

黄淮海平原是我国棉花的集中产区。特别是农业生产体制改革以来，广大棉农生产积极性很高，棉田面积不断扩大，棉花单产迅速提高，出现了盲目施用N肥，重氮轻磷，氮、磷比例严重失调，肥料效益低等问题。为此，研究总结棉花需肥的规律，氮、磷合理的用量和施肥技术对发展本地区棉花生产有重要意义。

1.氮、磷、钾对棉花生长的影响及棉花吸收养分的规律

氮、磷、钾三要素对棉花生长发育起着深刻的影响。河南南阳与驻马店两个地区农科所的砂培试验表明（表3-29），氮、磷、钾三要素完全满足棉花生长要求时，植株高大，生长正常，干物质积累明显增多；缺磷植株矮小，干物积累最少；缺N植株比缺磷植 株略高，但比氮、磷、钾完全满足的棉株矮15～20厘米，干物积累量少，仅15～24克。美国学者H·R·Leffler研究指出：棉花缺磷使植株的磷脂含量降低，细胞的渗透压减退，

物质代谢过程受阻，不利于棉花对氮素营养的吸收和硝酸还原过程，致使棉花植株不能正常生长发育。西德K·Mengel指出：所有生物的代谢中ATP起着主要作用，缺磷就没有ATP，也就没有生命。河南驻马店农科所试验，缺磷棉株长到42天全株死亡，南阳农科所试验缺磷棉株生长到57天全株死亡。棉花缺磷植株特别矮小，叶片瘦弱发黄，子叶出土后14天由黄变红；缺氮棉花叶色发黄，植株矮小，叶片脱落严重；缺钾叶脉间出现黄褐斑，叶片皱缩发脆，下部叶片边缘黄褐色。

表3-29 氮、磷、钾营养元素对棉花生长的影响

试验单位	驻马店地区农科所		南阳地区农科所	
项目 / 处理	株高（厘米）	干物重（克）	株高（厘米）	干物重（克）
对照	14.5	8.62	22.3	11.4
N K	9.5	0.11	28.0	4.2
P K	15.5	5.80	40.0	12.1
N P	23.0	14.68	40.5	21.8
NPK	35.0	30.08	55.0	27.6

关于棉花整个生长期间需要吸收多少氮、磷、钾营养元素，美苏学者作了不少研究与分析，我国学者也作过不少研究。河北省农科院、北京农大，山东棉花研究所、河南农大等单位对棉花一定产量水平需要吸收氮、磷、钾的数量均作过试验研究。综合各单位的分析结果，每生产100公斤籽棉，需要吸收氮4.6～5公斤；五氧化二磷1.5～1.8公斤；氧化钾4.0～4.8公斤。

棉花对氮、磷、钾的吸收及其在棉株内的分布，随着棉花生长发育阶段的不同，对营养元素的吸收量有明显差别。河南农科院土肥研究所龚光炎等同志研究指出，棉花在苗蕾期，氮素主要集中在叶片内，到开花期氮素由叶片向生殖器官转移，以形成蕾、花、桃，叶片的含氮量明显下降。从施用同位素^{15}N28天后盛蕾期测定，棉花地上部干物质为0.9克，含N量0.1932克，从同位素^{15}N硫铵中吸收的氮为0.1181克，占总吸N量的61.13%，其中分布在茎枝条中占14.25%，分布在叶片中的占85.75%，而从土壤中吸收的N素为0.0751克，占吸N总量的38.87%。在花铃期分析结果：棉花干物积累量为83.1克，含N量为1.395克，从同位素^{15}N硫铵中吸收的氮素为0.7956克，占总吸N量的57.03%，其中分布茎枝条中占33.96%，分布在叶片中占43.08%，分布在花蕾中占22.96%；从土壤中吸收的氮为0.5994克，占吸收氮量的42.97%。在棉铃接近开裂的8月中旬测定：棉花所吸收的氮素主要积累在棉桃中，占总N量的44.5%，叶片中占29.5%，茎枝条中占18.0%。从整个生育进程来看，棉花对氮、钾吸收的高峰是花铃期，这个时期是棉花一生中吸收氮、钾最多的时期，棉花对磷的吸收高峰期是幼苗至盛蕾与盛蕾至花铃期。实践证明，施用磷肥以基肥最好，可以满足棉花幼苗、蕾期、花铃期对磷素营养的要求，追施氮肥一般以重施花铃肥为主，蕾期施用N肥过多，棉株易发生旺长，形成棉田早荫蔽，不利于蕾、花、铃的发育，因此，在蕾期追施氮肥用量不宜过大。

2.棉花最佳氮、磷施用量的分析

1986年中国农业科学院土肥研究所与山东德州地区农科所、禹城、陵县等有关单位共同协作，对棉花N、P最佳施用量进行了多点田间试验研究。对试验结果，采用二元二次数学模型，进行回归分析，求得各试验点的肥料效应方程，然后根据

$$\frac{d_y}{d_N}=\frac{P_N}{P_C} \text{或} \frac{d_y}{d_p}=\frac{P_p}{P_C}$$

求各试验点最佳产量的N、P需用量。

P_c为皮棉单价，每公斤3.6元，P_N，P_P分别为N和P_2O_5的单价，按每公斤1.12元和1.34元计算。将皮棉、N、P_2O_5的单价和各试验点回归方程的边际产量代入上式，即可求得各试验点最佳产量的N和P_2O_5需要量。将最佳产量的N、P_2O_5需要量代入各点的回归方程，可以求出各点的最佳皮棉产量，根据对照产量，施肥增加的产量和肥料成本，计算出每亩利润和产投比。

试验材料表明，在亩产皮棉79.43公斤的基础上，每亩施N9.89公斤，$P_2O_5$6.59公斤，皮棉亩产可以达到98.39公斤，每亩只需肥料成本19.91元，可获利润48.35元，产投比为3.43。另外6个试验点平均，在亩产皮棉93公斤的基础上，每亩施用N12.75公斤，$P_2O_5$5.67公斤，可以达到亩产皮棉133.47公斤。每亩肥料成本仅22元，每亩利润可达127.3元，产投比6.82。可见皮棉单产愈高，施肥的经济效益愈大。

3.棉田土壤养分、施肥量与最佳产量的关系

棉花的最佳产量是由棉田不施肥区的基础产量和增施肥料后所增加的产量所构成的。棉田的基础产量是与棉田土壤的基础养分（碱解N和有效磷）密切相关的，而增施N、P_2O_5肥料所增加的产量，二者的相关性更是密切。基于这种认识，我们可以认为最佳皮棉产量是与土壤养分＋施肥养分总量密切相关的。土壤养分以耕层(0～20厘米)中有效氮和有效磷为代表，为了便于比较和计算，根据土壤测试值换算为每亩公斤。这样，就可以将土壤养分、施肥量与最佳产量三者的关系联系起来。根据7个试验点的平均，在每亩耕层土壤碱解氮10.42公斤，Olson$P_2O_5$4.08公斤的基础上，每亩施N9.89公斤，$P_2O_5$6.59公斤，即土壤＋肥料总养分量氮20.31公斤，$P_2O_5$10.67公斤的基础上，每亩可以获得皮棉98.39公斤。相当于生产100公斤皮棉需（土＋肥）养分总量N 20.64公斤，$P_2O_5$10.84公斤。另外6个试验点平均土＋肥养分总量N22.09公斤，P_2O_5 11.16公斤，皮棉亩产134.47公斤。

以上试验结果，是在一定气候、土壤和栽培管理条件下取得的，而定量测土施肥是一件相当复杂的研究工作，因此在实际应用过程中尚须不断补充修正。

第四章　黄淮海平原盐渍土水盐运动

黄淮海平原位于我国东部的半湿润季风气候带，东部地区的降雨量，自南而北逐步减少，由年降水量1000毫米减到500毫米左右。且降雨高度集中和年变率高，旱涝灾害严重而频繁。另外，黄淮海平原是我国最大的一个平原，诸河多为地上河或半地上河，其河道和大量遗弃的故道相互交织，形成大大小小的闭流或半闭流的坡洼地。平原的这些地学特征，使本来在时间上已经高度分配不均的降雨，又产生了空间上的差异，使水分运动的不均性和旱涝现象频繁。这种水分运动的不均性和旱涝灾害频繁，是在半湿润季风气候影响下的一种自然现象。但它对这个地区水盐动态的影响是重要的，因为溶于水中的易溶性盐类的运动，基本上是在水分运动的影响和控制下进行的。水盐动态虽有其自身的运动规律和特点，其中水分运动起着主导和决定性的作用。

第一节　盐渍土水盐运动的机理

研究盐渍土水盐运动的理论，一般以溶质在土壤中滞留和移动的规律为基础。

一、土壤中溶质的运移

1.土粒与土壤溶液界面处的离子交换吸附运动

土壤胶体一般带负电荷，由于异电性的相吸作用，阳离子集中在土壤胶体表面或表面附近，使该处离子浓度大于扩散层或扩散层之外的自由溶液。在离子吸附交换和扩散对流的作用下，土壤颗粒附近产生如下的离子移动过程。(1)通过离子扩散对流运动，离子移向土壤胶体表面或进入土壤溶液。(2)通过离子的交换运动，一种离子代换出另一种离子。

离子吸附交换运动主要受离子的本性、土壤特性及所处环境条件的影响，如离子价数、离子水化半径、离子大小、土壤胶体的矿物组成、土壤溶液的pH值、温度等。

2.土壤中离子的扩散移动

离子的扩散运动，是盐分在土壤溶液中运动的一个重要形式，它是由于土壤溶液中存在离子浓度梯度而引起的溶质的热运动。

早在1855年，Fiek提出了扩散定律：

即　$$J = -D\frac{dc}{dx}$$

式中　J：——在单向扩散时，单位时间内通过单位截面积的扩散物质量。

$\frac{dc}{dx}$——沿扩散方向的浓度梯度

D——扩散系统，表示单位时间内通过单位截面积的扩散量。

该公式是稳恒状态时的扩散定律，如果是非稳恒状态则应写为

$$\frac{\partial c}{\partial t}=D\frac{\partial^2 c}{\partial t}$$

另外，研究表明，影响土壤中离子扩散的因素主要有：（1）扩散离子种类及其浓度的影响；（2）扩散介质的影响；（3）环境条件的影响。

3.溶质随土壤中自由水的运动

自由水流动一般速度较快，流量也大，在土壤的溶质移动中起重要作用。在地下水蒸发过程中支持毛管水的运动，水分入渗情况下的重力下渗水的运动都属自由水的运动。地下水中盐分随土壤毛管水流向表土，通过蒸发使盐分累积，是盐碱土形成的主要原因之一。

计算毛管上升高度最简单的公式是：

$$H=\frac{2T\cos\alpha}{r}$$

式中 H——毛管上升的高度

T——液体的粘滞力

α——液体与管壁形成的弯曲接触角

r——毛管直径

∂——水的表面张力

土壤中溶液的毛管运动主要受土壤孔隙状况的影响，溶液含盐状况的影响较小，一般认为盐分浓度的增加会减少毛管水上升的速度。但不同的盐类对毛管运动的影响不同，一价盐类，特别是碱类溶液，毛管水上升的速度小于纯水，而钙盐则可大大加速毛管水上升的速度。

4.土壤水盐运动的基本方程

（1）水流方程：流入土体的水遵循质量守恒原理，不会有损失和消失，流入的水或存储起来，或者流出。单元土体内水量的变化等于该单元体内流入、流出的水通量之差。对于土壤中一维水平水流，质量守恒的数学形式可表示为：

$$\frac{\partial \theta v}{\partial t}=-\frac{\partial q}{\partial x} \qquad (1)$$

式中 θv——是容积含水量

t——是时间

q——为通量密度（单位时间内通过单位面积的水量）

x——为水平距离

由于土壤水流运动服从于达西定律：

$$q=-k(\theta)\frac{\partial \varphi}{\partial x} \qquad (2)$$

式中 q——为水通量密度

$k(\theta)$——为导水率

$\partial\varphi/\partial x$——为水头梯度

将达西定律代入方程（1），即为一维非饱和土壤水流运动的基本方程：

$$\frac{\partial\theta v}{\partial t}=\frac{\partial}{\partial x}\left[k(\theta)\cdot\frac{\partial\varphi}{\partial x}\right] \tag{3}$$

为应用方便，可将该方程变为以φm（基质势）为因变量的表达式和以θ（含水量）为因变量的扩散型方程：

$$C(\varphi m)\cdot\frac{\partial\varphi m}{\partial t}=\frac{\partial}{\partial x}\left[K(\varphi m)\frac{\partial\varphi m}{\partial x}\right] \tag{4}$$

和
$$\frac{\partial\theta}{\partial t}=\frac{\partial}{\partial x}\left[D(\theta)\frac{\partial\theta}{\partial x}\right] \tag{5}$$

式中 $C(\varphi m)=\partial\theta/e\varphi m$ 称为比水容量

$D(\theta)=K(\theta)/C$ 定义为扩散率

在一定的初始和边界条件下，通过计算方程（4）或（5），即可求得在一定时间，土壤任一点上的含水量或基质势。

（2）盐分运移方程：盐分在土壤中运移主要是自由扩散，水动力学弥散和对流作用所引起，在三者的共同作用下，盐分运移的通量为：

$$J=-D(\theta\cdot v)\cdot\frac{\partial c}{\partial x}+q\cdot c \tag{6}$$

式中 J——为盐分通量

$D(\theta\cdot v)$——是水动力学弥散系数

$\partial c/\partial x$——为盐分浓度梯度

c——为盐分浓度

根据溶质（盐分）的质量守恒原理，土体单元体内溶质质量随时间的变化等于该单元体内流入、流出的盐分通量之差（假定不存在盐分源或洞）。据此：

$$-\frac{\partial(\theta\cdot c)}{\partial t}=\frac{\partial J}{\partial x}$$

可以得到盐分运移基本方程为：

$$\frac{\partial(\theta\cdot c)}{\partial t}=\frac{\partial}{\partial x}\left[D(\theta\cdot v)\frac{\partial c}{\partial x}\right]-\frac{\partial(q\cdot c)}{\partial x} \tag{7}$$

在一定的初始和边界条件下，根据水分运动计算所提供的含水量（θ）和平均流速（v），求解方程（7）即可得到任一时间，土壤任一点上的盐分含量。

二、盐渍土冲洗过程中的水盐运动

根据物质平衡原理可以导出冲洗时盐分运动的基本微分方程式如下：

$$\frac{\partial n}{\partial t}=-u\frac{\partial n}{\partial x}+D\frac{\partial^2 n}{\partial x^2}-\frac{\partial N}{\partial t} \tag{1}$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} = -\beta(n_0 - n) \tag{2}$$

式中　t——时间；x——离地表的距离；u——沿土壤孔隙水流速度；u_0——渗透速度；m——孔隙率；n——线型液体盐含量，克／厘米；N——线型固体盐含量，克／厘米；D——扩散系数，（e^2t^{-1}）；β——溶解系数（t^{-1}）。

方程（1）的右边第一项表示因溶液的渗透而使盐分移动的对流部分，第二项表示与渗流方向相反，因溶液浓度不同而产生的扩散部分，第三项表示固体盐分溶解部分，方程（1）中的n，D，β等值一般来说是表示某一种盐的性质，虽然在土壤中含有多种盐分，但是对某种类型盐渍土来说（例如我国滨海盐土，全盐量中NaCl占80%），可以近似的认为该方程式表示总盐量变化的过程。

为了解方程式（1），起始条件采取在冲洗前土壤盐分的原始分布$n(o、x) = n_0(x)$，溶液浓度为原始溶液浓度$n(o、x) = n_0(x)$，在地表水流入口部分的边界条件采用冲洗水的浓度$n(o、t) = n_0(t)$，但在地表部分因固体盐含量N（o、t)不能任意选定，而由方程式（2）确定。

在地下水流出口部分的边界条件即x = l时，采用$\frac{\partial n}{\partial x} = 0$，即可认为深层溶液的浓度为常数，出水口处土壤中固态盐等于原有含盐量，即$N(l、t) = N_0(l)$，总之，边界条件和起始条件可归纳如下：

1. $t = 0 \quad 0 \leqslant x \leqslant l \quad n = n_0$
   $N = N_0$
2. $x = 0 \quad t > l \quad n = n_1$
   $N = 0$
3. $x = l \quad \frac{\partial n}{\partial x} = 0$

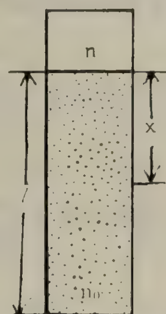


图4-1　边界条件长

此处l为土柱的深度或土壤表面至不透水层的距离(图4-1)在以上的起始和边界条件下，采用运算微积的方法可以得到冲洗方程式(1)的全解，如：

$$\frac{n_0 - n_1}{n_0 - n_1} = \exp(Pe\bar{x})\left\{\frac{sh(1-\bar{x})Pe\sqrt{1+\Pi} + \sqrt{1+\Pi}\,ch(1-\bar{x})Pe\sqrt{1+\Pi}}{shPe\sqrt{1+\Pi} + \sqrt{1+\Pi}\,chPe\sqrt{1+\Pi}}\right.$$

$$+2\exp\left[(\Pi+1)F_0Pe\right]\sum_1^{\infty}\frac{\sin^2\mu n\sin\mu n\ xx\exp(-F_0\mu^2 n)}{\sin\mu n\cos\mu n - \mu n)(1+\Pi\cos^2\mu n} \tag{3}$$

式中　$\exp(P) = e_p$；sh(P),ch(P)——双曲线和正余弦数；

Pe，Pd，F_0——无因次准数；$Pe = \frac{lu}{2D}$——别克里系数；

$Pd=\frac{\beta l^2}{D}$——普列得瓦傑里系数；$Fo=\frac{Dt}{l^2}$——弗里叶系数。

从方程式(3)分析研究的结果导出新的准数，命名为冲洗系数。$\Pi=\frac{Pd}{Pe^2}=\frac{4\beta D}{u^2}$，

它与直线长度l无关，表示盐分溶解扩散和被排除程度的特征，μ_K是$tg\mu_K=\frac{-\mu_K}{Pe}$方程

式的根 $\bar{x}=\frac{x}{l}$。可以验证所得全解(3)式符合方程式(1)的起始和边界条件，由(3)式可

以看出括号内第一项表示稳定的过程($F_o\to\infty$)。第二项表示过渡阶段的影响。(3)式描述在土壤盐分溶解和排除之前的过程，这是在冲洗实际中和自然过程中常遇到的情况，因为全部脱盐的现象是很稀有的，同时也不是实际改良土壤的要求，因为这样作要浪费大

量的冲洗水量，此现象在经验公式中也有表现。如沃罗布叶夫公式$m=k\lg(\frac{s_1}{s_0})^2$，当

$s_0=0$时，$m\to\infty$（式中：m——冲洗水量，s_0——冲洗后含盐量）。

方程式（3）为最完全的解，由它可以导出若干部分的公式，如缺少溶解（$\beta\to o$），扩散（$D\to o$）或渗透速度极慢时（$\mu\to o$）等情况的冲洗公式。

当起始和边界条件同前，只是$l\to\infty$时，即土壤水透水层距地表极深的情况时，方程式（1)仍可使用运算微积的方法得出以下的解：

$$\frac{n_0-n}{n_0-n_1}=\frac{1}{2}\exp\left(\frac{ux}{2D}\right)\left\{\exp\left(\frac{-ux}{2D}\sqrt{1+\Pi}\right)\operatorname{erfc}\left[-\frac{u}{2}\frac{\sqrt{e}}{\sqrt{D}}\left(\sqrt{1+\Pi}-\frac{x}{ut}\right)\right]+\exp\left(\frac{ux}{2D}\sqrt{1+\Pi}\right)\operatorname{erfc}\left[\frac{u\sqrt{t}}{2\sqrt{D}}\left(\sqrt{1+\Pi}+\frac{x}{ut}\right)\right]\right\} \tag{4}$$

式中：Π——冲洗系数，$\Pi=\frac{4D\beta}{u^2}$，$\operatorname{erfc}(Z)=1-\phi(Z)$

$\phi(Z)$——克拉伯函数 $\Phi(Z)=\frac{2}{\sqrt{\pi}}\int_0^Z e^{-\chi^2}d\chi$

因为在冲洗实践中参数 $\left[\frac{\chi+ut\sqrt{1+\Pi}}{2\sqrt{Dt}}\right.$ 经常大于3，则函数$1-\varphi(3)$几乎

近于零，于是方程式(4)可近似地写成下式：

$$\frac{n_0-n}{n_0-n_1}=\frac{1}{2}\exp\left[\frac{xu}{2D}\left(\sqrt{1+\Pi}-1\right)\right]\operatorname{erfe}\left[\frac{u\sqrt{e}}{2\sqrt{D}}\left(\sqrt{1+\Pi}-\frac{x}{ut}\right)\right] \tag{5}$$

式(4)的局部解如下：当$t\to\infty$(长时期渗透)

$$\frac{n_0 - n}{n_0 - n_1} \simeq \exp\left[\frac{xu}{2\sqrt{D}}(\sqrt{1+\Pi} - 1)\right] \tag{6}$$

当D→0(冲洗系数Π小时，$\sqrt{1+\Pi} \sim 1 + \frac{\Pi}{2}$)

$$\frac{n_0 - n}{n_0 - n_1} = \exp\left(\frac{x\beta}{u}\right) \tag{7}$$

此式常用于研究溶液动态，当渗流速度甚小和冲洗系数Π值较大时，则得：

$$\frac{n_0 - n}{n_0 - n_1} = \exp\left(-x\sqrt{\frac{\beta}{D}}\right) \tag{8}$$

由上式可得：$x = \sqrt{\frac{D}{\beta}} \ln \frac{n_0 - n_1}{n_0 - n}$ (9)

从以上公式可以计算冲洗定额、冲洗时间、冲洗的深度和某种冲洗时间深度或定额时土壤中的含盐量的变化以及全解的方程式（3和4）。实际应用是复杂的，局部解比较简单，而且式中各因子关系鲜明，但是要考虑其精度是否符合实际条件的要求。

冲洗土壤中溶液的动态规律，可用公式（4）的局部解。当β＝0时，公式表示如下：

$$\frac{n_0 - n}{n_0 - n_1} = \frac{1}{2}\left\{\mathrm{erfc}\left[-\frac{u\sqrt{t}}{2\sqrt{D}}\left(\sqrt{1+\Pi} - \frac{x}{ut}\right)\right] + \exp\left[\frac{ux}{D}\mathrm{erfc}\frac{u\sqrt{t}}{2D}\left(1 + \frac{x}{ut}\right)\right]\right\} \tag{10}$$

由公式(5)可以简化(10)式如下：

$$\frac{n_0 - n}{n_0 - n_1} = \frac{1}{2}\mathrm{erpc}\left[-\frac{u\sqrt{t}}{2\sqrt{D}}\left(\sqrt{1+\Pi} - \frac{x}{ue}\right)\right] \tag{11}$$

土壤中固体盐溶解动态的研究，可将n值代入溶解公式（2），并积分（2）式，积分上限为t＝0时，N＝N_0，到t时为N，利用П、Я、波鲁巴林诺娃一克琴娜在渗流理论中类似问题的解法，求得下式：

$$N = N_0 - \beta(n_0 - n_1)e^{\frac{ux}{2D}}\frac{t}{2\sqrt{1+\Pi}}\left\{\left(\sqrt{1+\Pi} + \frac{x}{ut}\right)e^{\frac{ux}{2D}\sqrt{1+\Pi}}\left[1 + \phi\frac{v\sqrt{t}}{2\sqrt{D}}\left(\sqrt{1+\Pi} + \frac{x}{ut}\right)\right] + \left(\sqrt{1+\Pi} - \frac{x}{ut}\right)e^{\frac{-ux}{2\sqrt{D}}\sqrt{1+\Pi}}\left[1 - \phi\left[-\frac{ut}{2D}\left(\sqrt{1+\Pi} - \frac{x}{ut}\right]\right]\right\} \tag{12}$$

如果省略扩散因素：(D＝0)，则方程式(11)变为

$$N = N_0 - \beta(n_0 - n_1)t\left(1 - \frac{x}{ut}\right)e^{-\frac{x\beta}{u}} \tag{13}$$

当在土壤表面$x=0$时，方程式(13)可变为

$$N = N_0 - \beta(n_0 - n_1)t \tag{14}$$

当在土壤表面($x=0$)$N\to 0$时，$t=t_1$ 则

$$t_1 = \frac{N_0}{\beta(n_0 - n_1)} \tag{15}$$

从$t=0$到$t=t_1$，在土壤表面盐分充分溶解和排除以前称为第一期。

应该指出$t>0$，$n=n_1$，即瞬时的土壤表面盐分为冲洗所淡化到n，此条件只适合于不断的有新的淡水供应，冲洗的流速较快，全无扩散现象。但在冲洗实际工作中，尤其是在渗透性较差的盐碱土地上，这些条件较难遇到。由于扩散作用使停滞在土壤表面的冲洗水发生盐化，同样下面的盐化浓度大的土层盐分向浓度小的土层扩散上升，所以只有考虑扩散因素的全解（3）和（4）式才能更确切的反映冲洗实际情况。但是这些公式的复杂性和直接应用的困难，也要求我们得出一些虽然不够精确，但简单适用的公式。因此，当冲洗过程中最主要的是盐分溶解和排除的过程，盐分扩散作用较小，当$n_1=0$，$N_1=0$，则（7）式和（13式）式为

$$\frac{n}{n_0} = 1 - e^{-\frac{x\beta}{u}} \tag{16}$$

$$\frac{N}{N_0} = 1 - \beta ht\left(1 - \frac{x}{ut}\right)e^{-\frac{x\beta}{u}} \tag{17}$$

在研究冲洗第一期末($t=t_1$，$\frac{N_0}{n_0\beta} = \frac{1}{h\beta}$)总盐量的变化时，将(16)式和(17)式相加即得(图4-2)

$$1 - \varphi_0 = e^{-\frac{x}{x_0}\frac{1}{h}}\left[1 - \frac{x}{x_0}\frac{1}{(1+h)}\right] \tag{18}$$

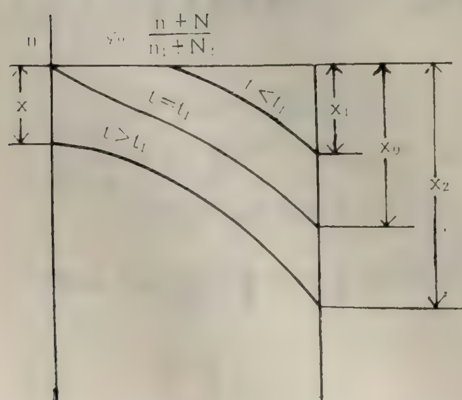


图4-2 冲洗盐分阶段

式中 $x_0 = ut_1$

$$\varphi_0 = \frac{n+N}{n_2+N_0}$$

将公式(2)中的n值

($n = n_0 + \frac{1}{\beta}\frac{\partial N}{\partial t}$)代入公式(1)（$D=0$）

当$t=t_0$时，得下式

$$\frac{\partial N}{\partial t}+u\frac{\partial N}{\partial x}=\beta(N_0-N) \tag{19}$$

从（19）式中可以看出，在冲洗第一期末，$t=t_1$时，固态盐的变化方程式与液态的方程式形式类似。

如果将（19）式和（1）式（当$D=0$）中的n和N值相加则得表示总盐量（$N+n$）冲洗过程的新的微分方程式

$$\frac{\partial \phi_0}{\partial t}+u\frac{\partial \phi_0}{\partial x}=\beta(1-\phi_0) \tag{20}$$

式中 $\phi_0=\frac{n+N}{n_0+N_0}$

现在研究冲洗第二期即$t>t_1$时冲洗总盐量变化的过程。显然第二期的起始条件即是第一期末总盐量在土壤中的分布，正如公式（18）所表示的形式。

应用以上的条件积分（20）式即得：

$$1-\phi_0=\frac{h}{1+h}\left[1+t\beta-\frac{x\beta}{n}\right]e^{\frac{-x\beta}{u}} \tag{21}$$

如果将公式(16)和(17)相加，也可得(21)式，也就是验证了(21)式是正确的。

假如冲洗是均匀进行的，则冲洗定额$M=u_0t=um_0t$，冲洗时间 $t=\frac{M}{u_0}$，则公式(21)式可改写为

$$M=xm_0\left\{1+\frac{u_0}{x\beta m_0}\left[\frac{1+h}{h}(1-\phi_0)e^{\frac{x\beta m_0}{u_0}}-1\right]\right\} \tag{22}$$

式中 M——冲洗定额，x——含盐量为ϕ_0的深度，m_0——土壤孔隙率。

从公式（22）清楚地看出，冲洗定额x随$1-\phi_0$值增加、随h值减小，也就是说冲洗的越深，冲洗的盐分越多，土壤中含有固态盐越多，需用的冲洗定额也越大。但从（22）式中难于对溶解系数和渗透速度u_0的影响进行分析，所以将（22）式改写成：

$$M=xm_0\left\{1+\frac{1}{P}(be^{P}-1)\right\} \tag{23}$$

式中 $p=\frac{m_0x\beta}{u_0}$， $b=\frac{1+h}{h}(1-\phi_0)$

参数b值的范围，如上式中 $\frac{1+h}{h}$ 值可采取从1（全为固态盐）到∞（全为液态盐）；$(1-\phi_0)$值$0<1-\phi_0<1$，可以认为b值的范围是$0<b<\infty$，从(23)式看出：

当$M<xm_0$ $b<e^{-p}$

$M>xm_0$ $b>e^{-p}$

按照公式(23)的关系，可以绘出$\bar{M}=\frac{M}{xm_0}$和b及p的关系曲线，当b<1，相对的冲洗定额$\bar{M}=\frac{M}{xm_0}$值随p值增长，而$p=\frac{xm_0\beta}{u_0}$。根据该图的关系曲线，可以从理论上说明冲洗实践中的几个现象：x值越大，p值越大，$\bar{M}$值越大，即越到深层越难冲洗；$\frac{\beta}{u_0}$比值越大，p越大，$\bar{M}$亦越大，冲洗额越小。

另一方面，当b>1时，则发现最适宜的冲洗值，即

$$\frac{\partial M}{\partial p}=\frac{xm_0[be^p(p-1)+1]}{p^2}=0 \qquad be^p(1-p)=1 \tag{24}$$

(24)式代入(23)式即得最适宜的冲洗定额：

$$M_{MNH}=m_0x\left(1+\frac{1}{1-p}\right) \tag{25}$$

当b>1时，最适宜冲洗曲线如图(4-3)

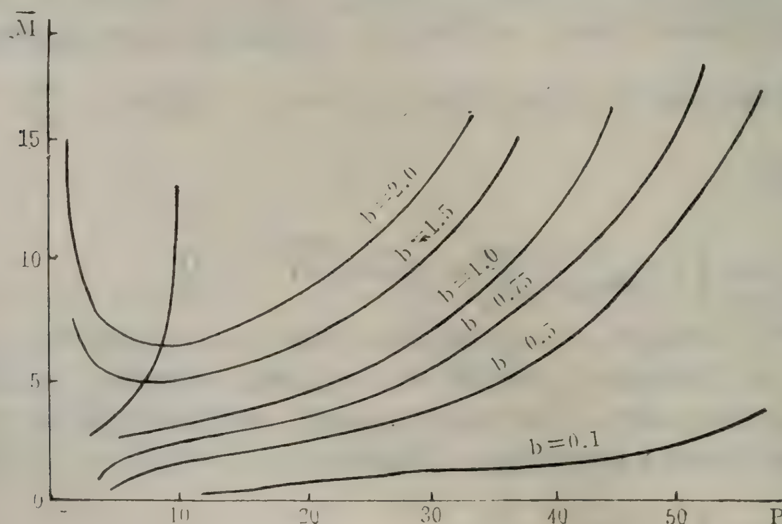


图4-3　冲洗曲线图

$$\bar{M}=\frac{M}{mx}=\left[1+\frac{1}{p}(pe^p-1)\right]$$

$$b=\frac{1+h}{h}(1-\varphi_0)$$

$$p=\frac{x\beta m_0}{u_0}$$

b≥1，表示当ϕ_0<1或者在固态盐含量较多的情况（h值小时）下，产生最适宜的

冲洗速度，高于或低于此数值，都会增加冲洗定额。实际上多数场合是b≤1，所以一般渗流速度增加即可提高冲洗效果，因为渗透速度等于$u_0 = KI$。此点很好地证实了在实际中常见的轻质土壤的冲洗定额小（渗透系数K大），或在有排水条件的情况下，冲洗效果好（提高水流的比降I）的事实。上述公式中溶解系数β值可由田间试验资料确定。

研究冲洗的相对效果，则不象如前所述的以一定土层和已知淡化程度来确定冲洗效果，而以总的排盐量来确定。这样可以两个指标评价相对的冲洗效果，即以冲洗所能影响深度的脱盐率$\bar{S}_1$和以单位冲洗水量所排除的盐量$\bar{S}_2$。

为了确定以上二值，可利用公式(21)，求在t时间内排盐的体积，在t时排盐的总量(图4-4)

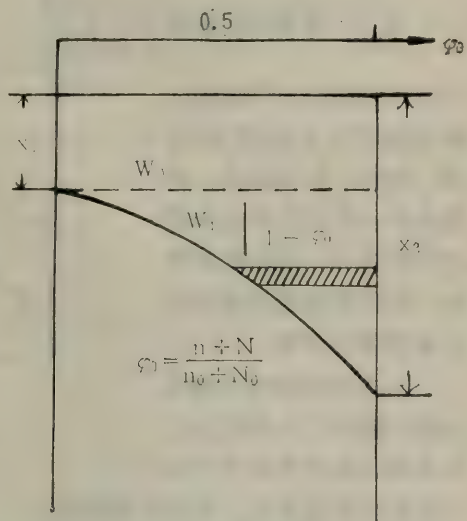


图4-4 排盐总量图

$$W = W_0 + W_1 \tag{26}$$

$$W = (N_0 + n_0)x_1 + (N_0 + N_0)\int_1^{x_2}(1-\varphi_0)dx \tag{27}$$

$$当\varphi_0 = 1, \quad x_2 = u(t + \frac{1}{\beta}) \tag{28}$$

$$\varphi_0 = 0, \quad \frac{1+h}{h} = \left[1 + t\beta - \frac{x_1 - \beta}{u}\right]e^{\frac{-x_1\beta}{u}} \tag{29}$$

利用上述二式(28)、(29)为积分上下限，并积分(27)式得

$$W = N_0(1+h)\frac{u}{\beta}\left\{\beta t + \frac{h}{1+h}e^{-(1+\beta t)} - \frac{(Z-1)_2}{Z}\right\} \tag{30}$$

$$式中\ Ze^Z = \frac{1+h}{h}e^{1+\beta t} = a$$

$$则脱盐率\bar{S}_1 = 1 - \frac{\phi(Z)}{1+\beta t} \tag{31}$$

单位冲洗水量的排盐量S_2(如1吨水排除的盐量)

$$\bar{S}_2 = n_0\left[1 + \frac{1-\phi(Z)}{\beta t}\right]$$

$$式中\phi(Z) = 1 - \frac{1}{Z}\left[e^{-Z} - (Z-1)^2\right] \tag{32}$$

为了便于利用公式(31)和(32)，将式中Z值绘成图4-5。

如果已知a值，由此图即可确定Z值或直接定出$\phi(Z)$值。

研究冲洗第二期$t \geq t_1 = \frac{1}{\beta h}$，冲洗效果由(31)式和(32)式可看出，随冲洗时间（或冲洗定额）增加，$\overline{S}_1$值减小，就是说第一次冲洗水排盐量比以后为大。冲洗定额增加，$\overline{S}_2$值即单位水量的排盐量显著的下降。

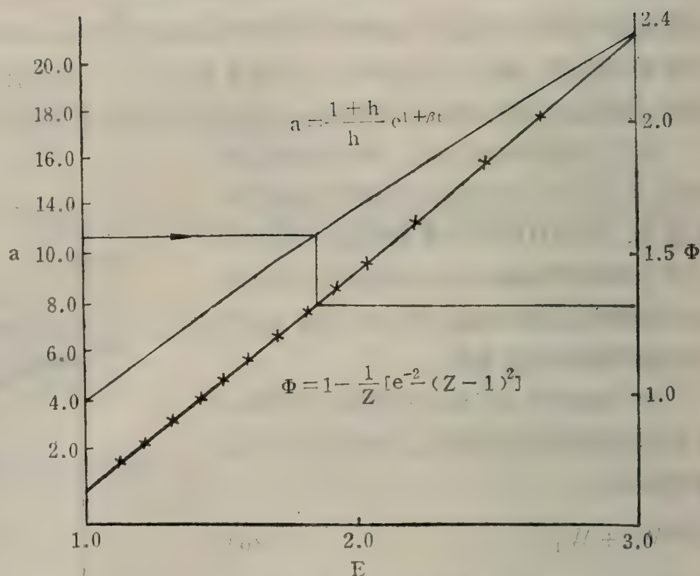


图4-5 计算Z值图

公式(32)表明土壤含盐量n_0越大，$\overline{S}_2$值越大，即从理论证明实际中已知的事实含盐量越大，冲洗效果越好。

举例：确定$\overline{S}_1$值和$\overline{S}_2$值，假设条件如下：当冲洗定额M＝3000立米／公顷时，可将0.5米土层脱盐50％，M＝5000立米／公顷，$u_0 = 0.1$米／昼夜，$m_0 = 0.4$，$h = 10$，以试验公式确定P值

当$P = 1.05$　则

$$\beta = \frac{Pu_0}{m_0 x} = \frac{1.05 \times 0.1}{0.4 \times 0.5} = 0.525\text{昼夜}^{-1}$$

$$t_1 = \frac{3000}{10000 \times 0.1} = 3\text{昼夜} \qquad t_2 = 5\text{昼夜}$$

$$a_1 = \frac{1+h}{h} e^{1+\beta t_1} = 1.1e^{1+0.525\times 3} = 14.6$$

$$a_2 = 1.1e^{1+0.525\times 5} = 40.3$$

从图中得　$\phi_1 = 1.42$　　　$\phi_2 = 2.05$

$$S_1 = 1 - \frac{1.42}{1+1.575} = 0.45$$

$$\overline{S}'_1 = 1 - \frac{2.05}{3.625} = 0.43$$

$$\overline{S}'_2 = n_0\left[1 + \frac{1-1.42}{1.575}\right] = 0.73n_0$$

$$S_2 = n_0\left[1+\frac{1-2.05}{2.625}\right]=0.58n_0$$

从此例看出，虽然差数不甚大，但一般来说，相对的排盐量随定额增加而减小（绝对排盐量随定额增加而增加）。

最后分析冲洗速度对相对冲洗效果的影响，如果β值为常数，渗流速度u增加（加强排水作用）冲洗定额不变，即可缩短冲洗时间，如前例条件。

$$\phi_1 = 1 \qquad \bar{S}_1' = 1-\frac{1}{1.88}=0.47$$

$$S_2' = n_0\left[1+\frac{1-1}{0.88}\right]=n_0$$

如果 $a_2 = 1.1e^{1-11.31} = 1.1\times 10.88 \sim 11.1 \qquad t = 2.3$日

$$\phi_2 = 1.26$$

则 $\bar{S}_2'' = 1-\frac{1.26}{2.31}=0.45$

$$\bar{S}_2'' = n_0\left[1+\frac{1-1.26}{1.31}\right]=0.80n_0$$

由此而知，冲洗速度加大（总灌水量不变）对总排盐量影响不大，但每吨水排盐效果提高。

从公式（3、4和23）可以求出冲洗过程中不同时间或不同土层盐分含量的变化，同时可以求出冲洗定额、冲洗时间和冲洗的深度。另外，所导出的公式（31、32）可以从理论上阐明下述问题：

（1）土体内的盐分只能通过冲洗作用逐渐减少，而不可能彻底洗净，所谓彻底冲洗变为不含盐分的淡土的想法，不仅浪费大量的水，而且是不可能实现的。

（2）渗透速度愈大，冲洗时所需的水量愈少。因此轻质土的冲洗定额小，在有排水条件下冲洗效果较好。

（3）计划层愈深，冲洗时所需水量愈大，愈到深层愈难冲洗。因此，确定不同作物所需要的冲洗深度是一个重要问题。

（4）当固体盐是土体内的主要盐分存在形式时，应出现一个最适宜的冲洗速度，此时的冲洗效果最好，大于或小于此速度，冲洗的排盐效果均较差。而且固体盐在土体中比重愈大，冲洗定额也越大。

（5）土壤含盐量愈大，冲洗后脱盐效果愈好。随着冲洗延继时间的增加，单位水量能排除的盐量递减。因此，在用同一水量冲洗时，分次间断冲洗，较一次连续冲洗的脱盐效果要好。

三、蒸发条件下的土壤水盐运动

土体和地下水盐易向表土积聚的强度与蒸发强度成正相关。因此，减少表土盐分的

累积，也要从减少土壤蒸发入手，目前，减少土壤蒸发的根本方法是增加施肥、改进耕作等农业措施。由于蒸发条件下的水盐运动是很复杂的过程，在不同土壤性质、地下水位埋深等自然因素的影响下，水盐运动是不尽相同的。中国农业科学院农田灌溉所贾大林等曾利用同位素示踪和数值模拟的方法研究在蒸发条件下的土壤水盐运动。

1.利用放射性^{131}I、^{35}S研究土壤水盐运动

（1）毛管水活动范围内土体盐分的变化过程

①毛管水上升运行对土体盐分的影响。当地下水埋深只60厘米时，整个沙柱完全处于毛管水活动范围之内，毛管水上升过程中土体盐分发生变化，其测量结果绘制成图4-6，图中土壤含盐量以相对浓度（$\frac{N}{N_0}$）表示，虚线为土壤原始含盐量，是均匀分布在土中的，1～4线分别表示当毛管水上升至30、40、50和60厘米高度时土体盐分变化状况。可以看出：土体盐分在毛管水上升作用下，由下层迅速向上层移动聚积，并且在毛管水上升的前锋处达到最大值。这是由于地下水在土壤毛管力的作用之下进入土体，迅速溶解了土中的碘化钠，并将其携带继续上升。其变化可分两区三段，现以1线为例：1线是当毛管水上升至30厘米时土体盐分的垂直分布，第一区0～A线段为脱盐区，土壤含盐量小于原始含盐量，这是土体盐分迅速溶解于毛管水，并随之上升的结果，越接近地下水脱盐率越高。第二区A～C线段为土壤盐分聚积区，土壤盐分的增加量即为0～A区土壤盐分的减少量。该区按土壤盐分变化不同，可分A～B和B～C两层，B～C层土壤盐分的聚积，随着沙柱高度的增加而迅速减少到原始含盐量，它是处在毛管水上升高度上限的上层，该积盐层的含盐量受A～B层土壤溶液浓度的影响，当地下水继续受毛管力的作用向上运行而达表土时，土壤全剖面处于毛管湿润状态，土体盐分聚积表面，A～C层就消失。

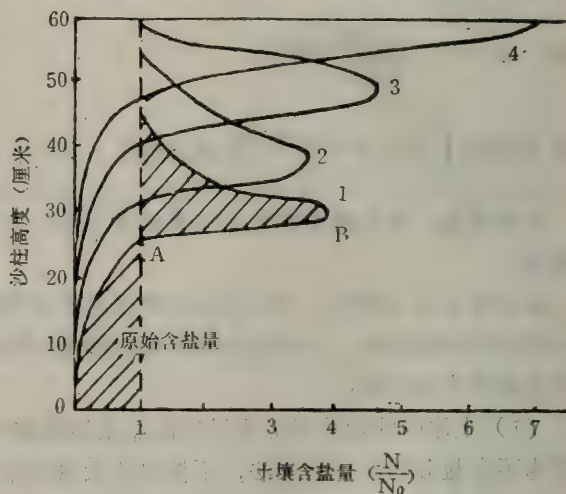


图4-6 毛管水作用下土体盐分上升聚积过程

N_0——放射性原始强度；

N——测得的放射性强度（下同）

②蒸发对土体盐分运行的影响。在毛管水达到土表后，用电热丝在沙柱表面加热进行每日10小时的蒸发，并测量土体盐分的变化情况。蒸发1天后，表土盐分相对含量为6.9，继续蒸发至11天及19天后，其相对含盐量就分别增为8和8.8（图4-7）。

土壤中的盐分向表土聚积，主要受土壤水分蒸发影响，但还有其自身的扩散作用。土壤水分蒸发，盐分也随之移动，可是盐分是否与水分一并上移，视土壤水分形态而定。在为毛管水形态时，表土积盐速度和积盐量则取决于水分蒸发速度。上述结果说明，在蒸发和地下水正常补给条件下，土体盐分不断上升，向表土聚积，聚积的强度随蒸发强度而增加。如土壤水分汽态运动时，则盐分将残留在原处，不随之上移。

③土体盐分随时间的变化。在毛管水上升过程中，引起沙柱中不同部位的土体盐分随时间而变化，其变化过程有积盐和脱盐两个阶段，但盐分聚积阶段历时短而强度大，脱盐阶段则历时较长而缓慢。这种变化在沙柱不同部位又有很大的差异。越接近地下水，积盐和脱盐历时越短，如离地下水面10厘米部位，土体盐分变化历时仅为10分钟，具有暴增暴落的特点，而在30厘米处，积盐和脱盐历时长达120分钟，随着高度的增加，盐分的变化迅速变缓，这是毛管水上升速度随着高度增加而迅速降低的结果。土体盐分变化过程说明毛管水前锋溶解了大量土体盐分，增加了土壤溶液浓度向上运行，并在运行过程继续溶解土体盐分。

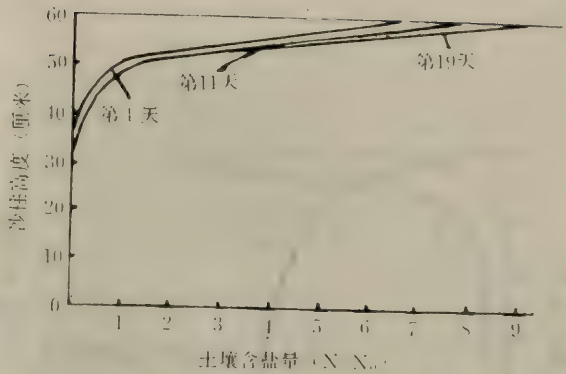


图4-7 蒸发条件下土体盐分的变化

（地下水埋深h = 60厘米）

(2)毛管水活动范围外的土体盐分变化过程

表土积盐与水分蒸发有关，但与地下水埋深关系更大，而土体水分的分布状况，则直接与距地下水位的距离有关，沙柱60厘米以上水分含量极小，在强烈蒸发条件下，表土很快干燥，蒸发速度降低，蒸发量减少，盐分向表土聚积强度比在毛管水活动范围内的显著减弱。如图4-8所示，蒸发至11天以后，再继续蒸发，土壤盐分的变化不大。在生产实际中，雨后中耕，使表土疏松，切断毛细管，造成干土覆盖层，对防止返盐有显著作用。在毛管水活动范围外，土体盐分运行的特点是，积盐层出现部位与毛管水上升高度相吻合，蒸发将使其继续而缓慢地向表土移动。

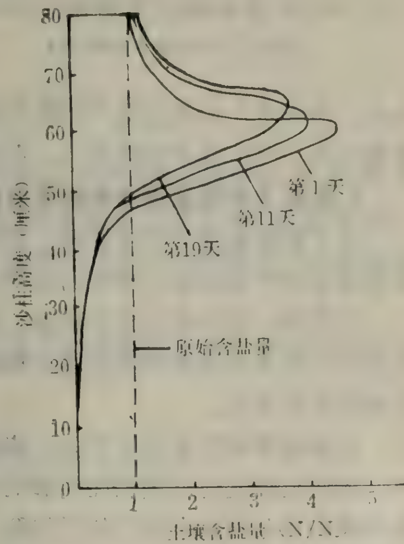


图4-8 蒸发条件下土体盐分变化

(3)土体和地下水盐分的运动

蒸发试验历时20天，分别取土测定沙柱不同部位放射性^{131}I和^{35}S的相对强度。从图4-8中^{131}I的含量（用干土重%表示）分布情况，可看出盐分大量积聚的部位是在50至60厘米，并愈接近地表盐分含量越大，经过20天蒸发后，表土含盐量增至4.4%，为原始含盐量（0.5%）的8.8倍。^{35}S含量的分布（以记数率表示），和土壤水分分布相同。地下水中的盐分主要分布在下层，表土盐分积聚很少。图4-9为地下水埋深80厘米的沙柱，测量^{131}I与^{35}S含量的结果，^{35}S的分布与土壤水分状态相同，表土无盐分积聚现象，而土体盐分^{131}I的分布，在65厘米处形成积盐层，含盐量为原始含盐量的4倍。试验说明：在蒸发和地下水正常补给条件下，土体盐分随毛管水上升，在毛管水活动范围内，盐分在表土积聚；在毛管水活动范围外，在毛管水上升高度处形成积盐层，地下水中的盐分随土壤毛管水上升，其分布似土壤

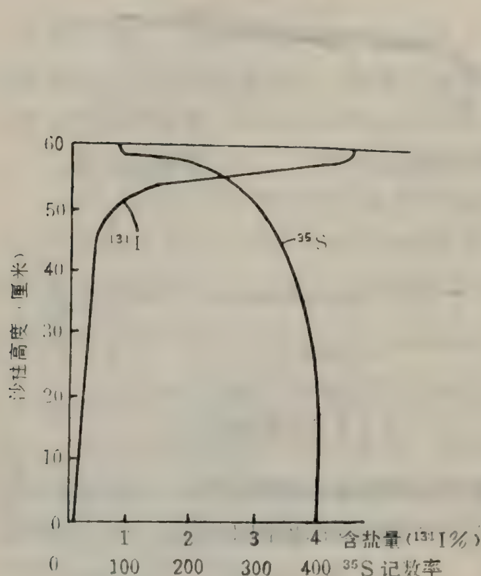


图4-9 土体和地下水盐分的分布
（地下水埋深h=60厘米）

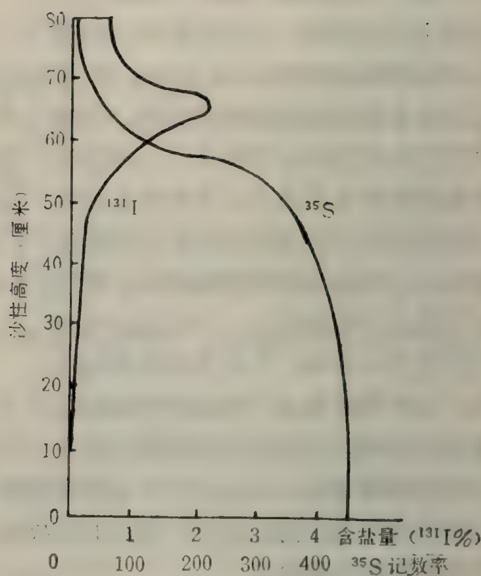


图4-10 土体和地下水盐分的分布
（地下水埋深h=80厘米）

水分，参与表土积盐缓慢；在矿化度高和持续蒸发下，也可形成表土积盐，其厚度在10厘米左右，以下盐分变化很小，在毛管水活动范围外，也可形成积盐层。

2.松沙土中水盐运动的数字模型及数值解

为了有效地进行农田管理、拟订合理的水利土壤改良措施以及防止土壤盐渍化，需要定量地研究水盐在土壤中的运动。

近年来，利用数值方法研究土壤水盐运动得到不断的发展。本文采用具有二阶精度的差分计算格式数值求解溶质运移的对流扩散方程，该种计算格式可以减弱计算过程中的数值弥散效应。

土壤的渗透性能受含水率、流体溶液浓度及温度等因素的影响。在所研究的问题中，浓度及温度对渗透性能的影响与含水率相比可忽略不计。这样，土壤水盐运动问题的求解便可分为两个独立的子问题：渗流问题及溶质运移问题。

(1)土壤水分运动的数值分析

一维垂向土壤水分渗流问题可用下面的微分方程来描述：

$$Cs(h)\frac{\partial h}{\partial t}=\frac{\partial}{\partial z}\left[K(h)\frac{\partial h}{\partial Z}+K(h)\right]-E \quad (1)$$

式中 h——土壤水分压力水头；t——时间；z——垂向空间座标，向上定为正；

$Cs(h)=\frac{\partial\theta}{\partial h}$——容水度；θ——体积含水率；K(h)——水力传导度，为压力水头的函数；E——土壤内部的比蒸发率。

对于(1)式，采取隐式差分计算格式进行离散，可整理成下面的形式。

$$Aih_{i-1}^{j+i}+Bih_{i}^{j+1}+Cih_{i+1}^{j+1}=Di \tag{2}$$

式中 $Ai=K_{i-\frac{1}{2}}^{j+\frac{1}{2}}$; $Ci=K_{i+\frac{1}{2}}^{j+\frac{1}{2}}$

$$Bi=-Ai-Ci-R$$

$$Di=-Rh_{i}^{j}-\Delta Z\cdot(Ci-Ai)+\Delta Z^{2}E$$

$$R=\frac{\Delta Z^{2}}{\Delta t}Cs_{i}^{j+\frac{1}{2}}\ ;\qquad Cs_{i}^{j+\frac{1}{2}}=\frac{1}{2}\left[Cs(h_{i}^{j}+Cs(h_{i}^{j+1})\right]$$

$$K_{i-\frac{1}{2}}^{j+\frac{1}{2}}=\frac{1}{2\Delta Z}\int_{zi-1}^{zi}\left[K(h^{i})+K(h^{j+1})\right]dz$$

$$K_{i+\frac{1}{2}}^{j+\frac{1}{2}}=\frac{1}{2\Delta z}\int_{zi}^{zi+1}\left[K(h^{j})+K(h^{j+1})\right]dz$$

式中的右上标表示时阶号，下标为空间剖分结点号，分别用Δz和Δt表示空间和时间步长

$$Zi=(i-1)\cdot\Delta z\qquad tj=\sum_{r=1}^{j}\Delta tr$$

式(2)结合具体的边界条件可形成三对角代数方程组，采用预估的方法使其线性化，并用消去法求解得出t_{j+1}时刻压力水头的逼近值，再取其逼近值作为h_{j+1}的估值，逐次迭代求解。求得h_{j+1}后，根据含水率和压力水头的关系可得t_{j+1}时刻含水率的分布。

为在计算过程中保持水分的均衡，可用水量平衡法求水流在Δt_{j+1}时间内的平均体积通量。

$$q(z)^{j+\frac{1}{2}}=\frac{1}{\Delta t_{i+1}}\int_{z}^{L}\left[\theta^{j+1}-\theta^{j}\right]dz+\int_{z}^{L}Edz+q(L)^{j+\frac{1}{2}} \tag{3}$$

式中 q——表示水流体积通量

L——研究区域的上边界座标

式(3)中分别用t_j和t_{j+1}时刻含水率的线性插值函数代替θ^{j}和θ^{i+1}，可得体积通量的递推表达式：

$$q_{i-\frac{1}{2}}^{j+\frac{1}{2}}=q_{i+\frac{1}{2}}^{j+\frac{1}{2}}+\frac{\Delta z}{8\Delta t_{j+1}}\left[(\theta_{i-1}^{j+1}-\theta_{i-1}^{j})+6(\theta_{i}^{j+1}-\theta_{i}^{j})+(\theta_{i+1}^{j+1}-\theta_{i+1}^{j})\right]$$

$$+\Delta z\cdot E_{i}^{j+\frac{1}{2}} \tag{4}$$

由给定的初始条件和边界条件，按时间步进的方式可求得不同时刻的压力水头h、含水率θ和渗流体积通量q的分布。

（2）溶质运移的数字模型及数值计算格式

土壤中溶质的运移，在宏观上是通过对流和扩散两种途径来实现的，扩散又由分子扩散和机械弥散两部分组成。

分子扩散系数D_p可根据自由水体中的分子扩散系数D_m作近似估算〔Olsen and Kemper，1968〕

$$D_p = D_m \cdot a \cdot \exp[b \cdot \theta] \tag{5}$$

式中 a、b为描述土壤特性的试验常数。当b＝10时，a变化于0.001～0.005之间（粘土至砂壤）

在饱和土壤中，机械弥散系数D_h'的大小可视为平均孔隙流速V的函数。在稳定流动时，D_h'有下面的经验公式〔Ogata，1970〕

$$D_h' = \lambda' |V| \tag{6}$$

式中 V——平均孔隙流速

λ′——弥散度，是与土壤特性有关的系数

在非饱和流动的条件下，即使具有相同的平均孔隙流速和浓度梯度，随着含水率θ的减小，将会导致溶质弥散通量的减少，因此我们对（6）式作以下简单的修正。

$$D = \lambda' \frac{\theta}{\theta s} |V| = \lambda |q| \tag{7}$$

式中 D_h——土壤中的弥散系数

θ和θs——分别为含水率和饱和含水率

q——水流体积通量

在水分流动时溶质的机械弥散反应在数学上可按扩散过程来处理。因此，由浓度梯度所引起的溶质通量可表达为：

$$J_D = -D_e(q,\theta)\frac{\partial C}{\partial Z} \tag{8}$$

式中 $D_e(q,\theta) = D_h + D_p$——综合扩散弥散系数

J_D——由浓度梯度引起的溶质通量

C——土壤溶液的浓度

在浓度梯度和对流的共同作用下，土壤中溶质的总通量为：

$$j_s = -D_e(q,\theta)\frac{\partial C}{\partial Z} + qC \tag{9}$$

在考虑土壤中固态溶质的溶解（或过饱和析出）而忽略其化合分解、离子变换等化学反应的情况下，土壤溶液浓度可用以下的微分方程来描述：

$$\frac{\partial(\theta C)}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial Z}\left[D_e(q,\theta)\frac{\partial C}{\partial Z}\right] - \frac{\partial}{\partial Z}\left[qC\right] + s \tag{10}$$

式中S土壤水分对固态溶质的溶解或土壤溶液过饱和析出固态溶质的速率项，可用下面的表达式来近似〔БОРОВСКЦЦ В.М，1980〕

$$S=\begin{cases}\beta_1\theta(C_m-C)\cdot H[G(z,t)] & (C<C_m)\\ \beta_2\theta(C_m-C) & (C\geqq C_m)\end{cases} \tag{11}$$

式中　β_1、β_2——分别表示溶解和过饱和析出系数

$G(z,t)$——固态溶质含量密度

$$H(x)=\begin{cases}0 & (x\leqq 0)\\ 1 & (x>0)\end{cases}$$

由式(11)可得出固态盐分的控制方程为：

$$\frac{dG}{dt}=-S=-\begin{cases}\beta_1\theta(C_m-C)H(G) & (C<C_m)\\ \beta_2\theta(C_m-C) & (C\geqq C_m)\end{cases} \tag{12}$$

一般说来，（10）、（12）式需要偶合求解，如求其数值解，则需要联立或迭代。在实际问题中通常仅需进行一次迭代就能满足精度要求，即式（12）对C用显式估值求得S，进而代入（10）式求解C的分布。

式（12）的有限差分计算格式为：

$$\frac{G_i^{j+1}-G_i^j}{\Delta t_{j+1}}=-\begin{cases}\beta_1\theta_i^{j+\frac12}(C_m-C_i^j)\cdot H(G_i^j) & (C_i^j<C_m)\\ \beta_2\theta_i^{j+\frac12}(C_m-C_i^j) & (C_i^j\geqq C_m)\end{cases} \tag{13}$$

式中　$\theta_i^{j+\frac12}=\frac{1}{2}\left(\theta_i^j+\theta_i^{j+1}\right)$

记　$DG_i^j=\dfrac{G_i^{j+1}-G_i^j}{\Delta t_{j+1}}$

对于（10）式，采用下面的差分计算格式：

$$\frac{\left(\theta_i^{j+1}-p_i^j\right)C_i^{j+1}-\left(\theta_i^j-p_i^j\right)C_i^j}{\Delta t_{j+1}}=\frac{De_{i-\frac12}^{j+\frac12}-N_{i-\frac12}^{j+\frac12}}{2\Delta z^2}\left(C_{i-1}^j+C_{i-1}^{j+1}-C_i^j-C_i^{j+1}\right)$$

$$+\frac{De_{i+\frac12}^{j+\frac12}-N_{i+\frac12}^{j+\frac12}}{2\Delta z^2}\left(C_{i+1}^j+C_{i+1}^{j+1}-C_i^j-C_i^{j+1}\right)+\frac{1}{2\Delta z}\left[q_{i-\frac12}^{j+\frac12}\left(C_{i-1}^j+C_{i-1}^{j+1}\right)\right.$$

$$\left.-q_{i+\frac12}^{j+\frac12}\left(C_i^j+C_i^{j+1}\right)\right]-DG_i^j \tag{14}$$

式中　$P_i^j=-\dfrac{\Delta t_{j+1}E\left(\theta_i^{j+1}-\theta_i^j\right)}{4\left(\theta_i^{j+1}+\theta_i^j\right)}$

$$N_{i+\frac{1}{2}}^{j+\frac{1}{2}}=\frac{\Delta z}{2}q_{i+\frac{1}{2}}^{j+\frac{1}{2}}-\frac{V_i^{j+\frac{1}{2}}V_{i+\frac{1}{2}}^{j+\frac{1}{2}}\Delta t_{j+1}}{8}\left(\theta_i^{j+1}-\theta_i^j\right)$$

$$V_i^{j+\frac{1}{2}}=q_{i+\frac{1}{2}}^{j+\frac{1}{2}}/\theta_i^{j+\frac{1}{2}}$$

将(14)式整理后可表达为：

$$A_i\cdot C_{i-1}^{j+1}-B\cdot C_i^{j+1}+D_iC_{i+1}^{j+1}=F_i \tag{15}$$

式中 $A_i=De_{i-\frac{1}{2}}^{j+\frac{1}{2}}-N_{i-\frac{1}{2}}^{j+\frac{1}{2}}+\Delta zq_{i-\frac{1}{2}}^{j+\frac{1}{2}}$

$$B_i=De_{i+\frac{1}{2}}^{j+\frac{1}{2}}De_{i+\frac{1}{2}}^{j+\frac{1}{2}}-N_{i+\frac{1}{2}}^{j+\frac{1}{2}}-N_{i-\frac{1}{2}}^{j+\frac{1}{2}}+\Delta zq_{i+\frac{1}{2}}^{j+\frac{1}{2}}+\left(\theta_i^{j+1}-p_i^j\right)R$$

$$D_i=De_{i+\frac{1}{2}}^{j+\frac{1}{2}}-N_{i+\frac{1}{2}}^{j+\frac{1}{2}}$$

$$F_i=-A_iC_{i-1}^j-D_iC_{i+1}^j+\left[B_i-\left(\theta_i^{j+1}-2p_i^j+\theta_i^j\right)R\right]C_i^j+DG_i^j\cdot 2\Delta z^2$$

$$R=\frac{2\Delta z^2}{\Delta t_{j+1}}$$

式（14)是关于方程（10）的二阶差分近似，显然当E恒为零时，则退化为Bresler，E〔1973〕提出的计算格式。式（15）为三对角线性代数方程，结合边界条件形成方程组后，用消去法求解可求得t_{j+1}时刻的浓度分布。

具体应用数值方法求解水盐运移问题时，首先根据水分的初始条件、边界条件求得t_1时刻的压力水头、含水率及水分体积通量q的分布，然后代入固态溶质含量差分方程（13）和浓度差分方程（15），求解可得t_1时刻的浓度及固态盐分含量分布。依t_1时刻的压力水头、固态盐分含量密度及浓度的分布作为Δt_2时段的初值，用同样的方法可求得t_2时刻的压力水头、含水率、水流通量、固态盐分含量及浓度的分布。依次以时间步进的方式可得到h、θ、q、G和C的变化过程。

(3)松砂土中水盐运移的数值模拟

利用前述的土壤水分、溶液浓度以及固态盐分的计算格式，对盐分随毛管水分向上运移试验及高矿化地下水在蒸发作用下在表层积盐试验分别作了数值模拟。

根据试验资料求得砂样的压力水头与含水率的关系以及水力传导度与含水率的关系，可用下面的近似公式表示：

$$\theta(h)=\theta s\cdot\exp[-1.5\times10^{-8}\times|h|^{4.4}] \tag{16}$$

式中　h为压力水头，单位为厘米。

$\theta = 0.381$

$$K(\theta) = Kss \cdot \left(\frac{\theta}{\theta s} \right)^{3.2} \tag{17}$$

式中　Ks = 0.71厘米/分，表示砂样饱和情况下的水力传导度

由(16)式，可求得容水度的表达式为

$$Cs(h) = 6.675 \times 10^{-8} \times \theta s \times |h|^{3.4} \times \exp[-1.5 \times 10^{-8} \times |h|^{4.4} \tag{18}$$

盐分随毛管水分上移的数值模拟

初始条件：试验前砂样的含水率为风干含水率（约为千分之五），其相应的压力水头为－84厘米；砂样水分溶液浓度为饱和浓度；固态盐分的含量密度为0.005cm。其表达式为：

$$h(z,t)|_{t=0} = -84 \qquad z\varepsilon[0,\ 80] \tag{19}$$

$$C(z,t)|_{t=0} = cm \qquad z\varepsilon[0,\ 80] \tag{20}$$

$$G(z,t)|_{t=0} = 0.005cm \qquad z\varepsilon[0,\ 80] \tag{21}$$

上边界条件：试验期间内，砂柱表面没有水分蒸发，溶质及水分在表层的通量均为零。相应水分和浓度的边界条件可分别表示为：

$$k(h)\left[\frac{\partial h}{\partial Z} + 1\right]\Bigg|_{z=80} = 0 \text{或} \frac{\partial h}{\partial Z}\Bigg|_{z=80} = -1 \tag{22}$$

$$\left[De(q,\theta)\frac{\partial c}{\partial z} - qc\right]_{z=80} = 0 \tag{23}$$

下边界条件：试验开始后，砂柱底部的含水率在瞬时达到饱和，即压力水头变为零；联接砂柱底部供给水的浓度（相对于^{131}I而音）为零，因而溶质的通量为零。水分和溶质的下边界条件可表达为：

$$h\ (z,\ t)|_{z=0} = 0$$

$$\left[De(q,\theta)\frac{\partial c}{\partial z} - qc\right]_{z=0} = 0 \tag{25}$$

式（5）和（7）中的弥散参数分别取

$D_m = 6.6 \times 10^{-4}$〔厘米〕^{2}/分

$\alpha = 0.004$；　$b = 10$；　$\lambda = 1.6$厘米。

固态盐分的溶解和过饱和析出系数分别取：

$\beta_1 = 0.05$分$^{-1}$；　$\beta_2 = 5$分$^{-1}$

将上述水分参数及弥散参数分别代入到（2）、（13）、（14）以及与之有关的边界条件中，借助于数字电子计算机进行数值模拟。图4-11绘出了比

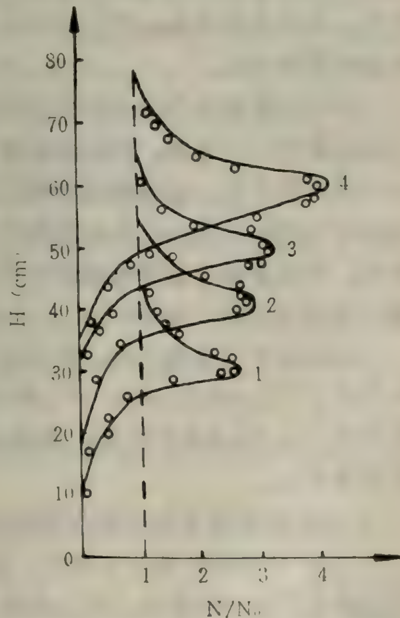


图4-11　比含盐量计算结果同试验结果比较图

—试验结果。　1—98分钟，2—262分钟，

O—计算结果。3-840分钟，4-1440分钟，

全盐量（N／N₀）的计算结果与实际试验曲线的对比。比全盐量可用下式计算：

$$N/N_0=\frac{\theta\cdot C+G}{[\theta\cdot C+G]|_{t=0}} \tag{26}$$

自图中可看出，试验资料同数值模拟结果基本一致。这表明，当考虑土体中有固态盐分的溶解时，土体中的水分和盐分的运动可以用数学模型（1)、(10)、(12）来描述。

第二节　潜水蒸发的特性

在研究盐碱土形成、地下水临界深度等问题过程中，潜水蒸发是一项重要内容，它与土壤水、盐运动有极其密切的关系。因此，有必要对这个地区潜水蒸发特点进行阐述。

一、潜水蒸发与潜水埋深的关系

潜水（通常称地下水）因受毛管力的作用，沿毛管向上运动，当毛管水柱静压力与毛管力相平衡时，毛管水达到一个稳定的位置，把毛管水上升到最高点所连成的面叫做毛管水面，毛管水面与潜水面的距离为毛管水上升高度。当潜水埋深等于或小于毛管水上升高度时，土壤水的蒸发属于大气蒸发力控制阶段，潜水因毛管作用源源送到地面，地表以液态毛管水存在，水分由地表液态水向空气扩散，潜水蒸发率大。当潜水埋深大于毛管水上升高度时，土壤水的蒸发属于扩散控制阶段，潜水达不到地面，地面形成干土层，水分由毛管水面经过干土层向空气扩散，潜水蒸发率小，干土层对水分扩散量的影响明显。

从潜水蒸发率的大小和干土层对蒸发量的影响二个方面，讨论潜水蒸发和潜水埋深的关系。根据中国农科院土肥所1981～1984年在山东鲁北禹城县观测资料，潜水蒸发与潜水埋深的关系以轻壤土观测点绘图。如图4-12。

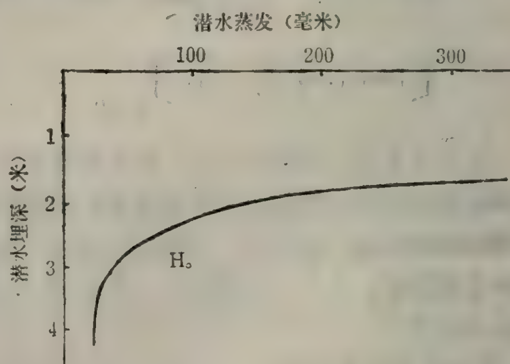


图4-12　轻壤土潜水蒸发与潜水埋深关系曲线（鲁北禹城）

曲线图形可分为二段：第一段是潜水埋深小于2.0米的情况；第二阶段是潜水埋深大于2.0米的情况。从曲线中明显地看出：

（1）潜水蒸发量与潜水埋深成反比关系，即潜水埋深加大，潜水蒸发量将随之减少。

（2）随着潜水埋深的加大，第一段线上变化剧烈，潜水埋深每增加1米时，潜水蒸发量减少100～200毫米。第二段线上变化缓慢。潜水埋深每增加1米时潜水蒸发量减少约50毫米。2.0～2.5米处是曲线上曲率最大处，此处称为潜水蒸发与潜水埋深关系曲线上的拐点。拐点以下潜水蒸发速度缓慢。因此，可以根据拐点相依的埋深作为毛管水强烈上升高度范围，即轻壤土毛管水强烈上升高度为2.0～2.5米。根据上述观测法，相应地求出这个地区中壤土、轻粘土的毛管水强烈上升高度分别为1.5～2.0米和1.0米左右。

二、潜水蒸发的一般规律

1.潜水埋深小于毛管水强烈上升高度时的潜水蒸发特点

潜水蒸发比较复杂，受到气候、土壤、植被等多种因素的影响，同时各因素之间又相互关联、相互抑制。但是不论潜水埋深是1米还是2米，不论土壤质地是轻壤还是中壤，当潜水埋深小于该土质的毛管水强烈上升高度时，一年内潜水蒸发量变化趋势均有二个蒸发期，一个淋盐期。

(1)第一蒸发期　时间是从解冻到汛期的开始。这个时期内，降水总量为92.9毫米，占全年总降水量的22%，潜水蒸发量为212.7毫米，蒸发量比降水量多119.82毫米，蒸发量大于土体内渗漏量。

第一蒸发期内，随着天气变暖和太阳给予大地的能量增多，气温逐月在升高，农田净余辐射在增加，这样，首先导致了土壤表层的大量蒸发而变干，土壤水的基质势能随之加大，土体内垂直方向的土水势能差加大，加大了潜水蒸发能力。因此，潜水蒸发量逐渐增大，到六月份达到这个蒸发期的最大值。

潜水蒸发的逐月增加，说明了地下水对土壤耕层水分的补给量也是逐月增加，对于干旱严重又缺乏灌溉条件的土地上，这种补给量无疑是很宝贵的。但对于潮湿不缺水的土地，潜水蒸发量上升，带有多量的盐分，易使表土盐渍化。因此，这个蒸发期是一个表土积盐期，应利用有效的调控途径，尽量减少潜水蒸发。

(2)淋盐期　即汛期。8月份气温为25.2°C，是一年内的高温期，但潜水蒸发量或大或小，和周期气温变化趋势不一致，这是什么因素造成的呢？原来产生这个不稳定的因素是降水。降水使浅层土体或整个土体达到饱和，使土体内基质势能为零，潜水蒸发停止。经实际观测表明，潜水埋深为1米的轻壤土，10毫米的降水之后，可使潜水蒸发停至3天以上。当然各种雨型之下使潜水蒸发停止的时效是随潜水埋深，土质等的不同而有差异的。这个时期内，例如1.5米潜水位的中壤土，渗漏量为75.92毫米，潜水蒸发量为1.63毫米，渗漏量是蒸发量的几十倍，很明显，土壤处于淋洗脱盐时期。

(3)第二蒸发期　从汛期后到年末内，此期潜水蒸发量为19.34毫米，渗漏量为2.63毫米，蒸发量大于渗漏量，属于一年之内的第二蒸发期。9月份之后，供给地面的热量逐渐减少，气温逐渐降低，土体内垂直面含水量的差异逐渐缩小，土水的基质势能逐渐减少，因此潜水蒸发量逐月递减，一直到次年2、3月份达到全年的最小值。这个时期同第一蒸发期相同，具有表土积盐能力。

上述两个潜水蒸发期的降水量较少，月际蒸发量的分配情况主要决定于热量的供给情况，与气温的变化趋势基本上是一致的。

一年中气温最低的月份是1月份，潜水蒸发最小的月份是2～3月份，造成这种不吻合的因素又是什么呢？

原来，汛期之后气温逐渐降低。直到次年的2月份达到最低值。这时，大地已经封冻。但是，土体内浅层含水量逐渐加大，一直延伸到潜水层达到饱和。也就是说，土体内深浅层之间仍存在有基质势能差，这种势能差使水分由高势能区移向低势能区，使潜力仍处于上升状态，水分积聚在冻土之下而后冻结在冻土之内。这个过程一直在延续下去，使水分不断地供给冻土层之下，而冻土层也不断地延伸加厚，潜水蒸发能力越来越小，

寒冬之后便是春天的到来，这时气温回升，大地热量在积累，土地开冻了，冻土层中由原来固态的冰变为液态的水，冻土层变为水量饱和层，基质势能为零，这时潜水蒸发处于或接近于停止状态。由此看来，潜水蒸发的年内最小值不是出现在封冻期间，而是出现在气温回升一段时间的2～3月份。

上述情况表明：

(1)各月的潜水蒸发分配情况，主要受气温及降水等气候因素的支配。在黄淮海地区的气候条件下，形成了该地区特定的二个蒸发期。一个淋盐期的潜水蒸发动态特点。二个蒸发期的蒸发率相近，春、秋季的积盐速率基本一致。

(2)根据一定地区的气候特点及潜水蒸发规律，从中可以了解盐渍化的积消阶段及盐渍化的发生发展规律。黄淮海地区的二个蒸发期是该地区的积盐期，应因地制宜，采用有效的调控措施，防止盐渍化的发生或加重。

(3)冻土的形成，使整个封冻期的潜水蒸发量积蓄于土壤的耕层或浅层，尤其春旱较重的地区，应爱惜这部分水利资源。

2.潜水埋深大于毛管水强烈上升高度时的潜水蒸发特点

下面是潜水埋深2.5米，不同土质（轻壤、中壤、轻粘土）的月计蒸发曲线（图4-13）。

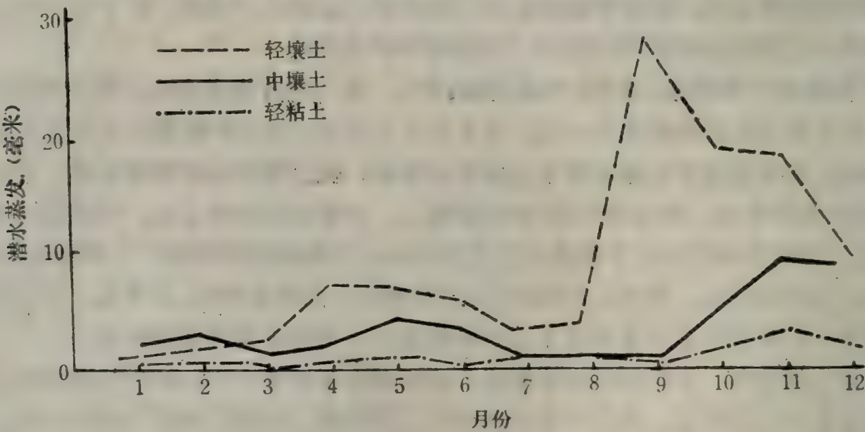


图4-13　2.5米地下水位不同质地潜水蒸发月变化

从上图中情况看出，潜水埋深大于毛管水强烈上升高度时，春季潜水蒸发高值期由稳定的潜水蒸发低值期所代替，秋、冬季节出现潜水蒸发高值期。

从2月份到8月份为潜水蒸发低值期，这个时期内降水量383.2毫米，占全年降水量的93%，其中6～8月份降水量347.6毫米，占全年降水量的85%。

潜水蒸发高值期，时段是从9月份到第二年的1月份。以潜水埋深2.5米为例，将相同土质相同水位的9月份至次年1月和2～8月的潜水蒸发量进行对比，列于表4-1。这个时段的降水量为26.1毫米。虽然，这个时段的潜水蒸发量高于低值期蒸发量的几倍。但是总的蒸发量不大，表土很少有积盐现象。

由此说明，只要潜水埋深大于毛管水强烈上升高度，潜水蒸发量是相当少的，因此土体不会有盐渍化的危险存在。在降雨或灌溉补给时，首先补给毛管支持水的上部水分损失而产生压力差引起潜水下降。因此，潜水蒸发并不是潜水位以下的水直接运动蒸发

表4-1　9～1月与2～8月份潜水蒸发对比

土壤＼项目	2.5米			3.0米		
	9～1月蒸发量	2～8月蒸发量	9～1月／2～8月蒸发量比值	9～1月蒸发量	2～8月蒸发量	9～1月／2～8月蒸发量比值
轻壤	91.14	32.81	2.8	36.5	5.63	6.5
中壤	30.04	14.85	2.0	18.64	4.39	4.2
轻粘土	7.84	3.70	3.7	6.43	11.36	0.6

消耗损失；同样，潜水埋深的上升也不是灌溉或降雨直接渗漏所形成的。灌溉或降雨下渗的淡水首先贮存在毛管支持水的上部。灌后转为蒸发时，仍然要先消耗这部分毛管支持水，从而引起潜水位下降。黄淮海地区春季期间，当潜水埋深降至3.0米，秋季降至2.5米以下时，潜水蒸发速率转缓。

三、潜水埋深与土壤质地对潜水蒸发的影响

相同土壤质地，不同潜水埋深条件下，潜水蒸发的形式不同。轻壤土当潜水埋深小于2米时，潜水汽化面位于土表面，蒸发由液态水面直接向大气中扩散。当潜水埋深大于2.0米时，潜水汽化面位于土表之下，潜水蒸发由汽化面向土表以水汽形式扩散，然后由土面水汽向大气中扩散，潜水蒸发主要是受到汽化面之上土层扩散条件的影响。由于潜水埋深不同也将决定着潜水蒸发的季节特点。据中国农科院土肥所在山东禹城测试资料表明：潜水位为1.5米时，3～6月和8～11月的蒸发曲线近似对称，蒸发量春季与秋季基本相等；2.0米及2.5米时，春季蒸发量明显低于秋季蒸发量，埋深3.0米时春、夏季蒸发微弱。

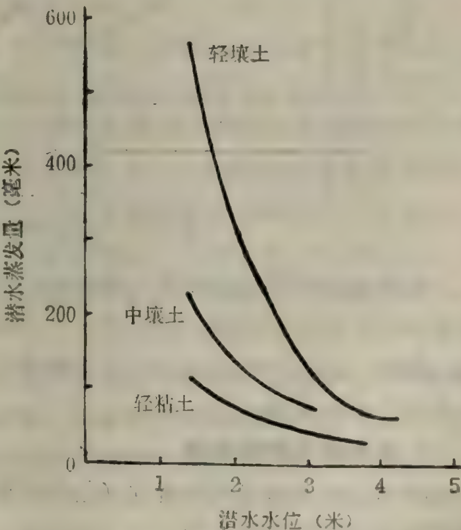


图4-14　不同土壤质地与潜水蒸发的关系

研究资料表明，潜水埋深与潜水蒸发强度的关系呈指数形式。以鲁北禹城观测结果为例：

轻壤土　$E = 2082.2e^{-1.22Z}$

中壤土　$E = 149.5e^{-0.47Z}$

轻粘土　$E = 75.5e^{-0.527Z}$

式中　E——潜水蒸发年合计值（毫米）

e——常数（自然对数底）

z——潜水埋深（米）

土壤质地是土壤的最基本的物理属性，它决定着土壤毛管水强烈上升高度及水量的通透性能，也决定着潜水蒸发速率及动能特点。一般情况下，潜水埋深在1.0～3.0米范围内，当水位埋深相同时，轻壤土的潜水蒸发率最大，中壤土次之，粘土最小。随着潜水埋深的增加，不同土壤质地之间的潜水蒸发率的差距逐渐减少。潜水埋深1.5米，

其比值为16：2：1；水位3.0米时，比值为2.5：1.6：1。（图4-14）

第三节 潜水的水盐运动规律

一、潜水水位的变化

黄淮海平原地区潜水位动态属于灌溉、降雨-蒸发型。在潜水平衡因素中来量主要是灌溉和降雨补给，去量主要是蒸发（包括蒸腾）、排泄和迳流。

1.潜水位上升的规律

潜水位的上升主要是降雨和灌溉补给引起的。根据山东省水科所资料，当土壤含水量达到田间最大持水量时，降雨量和雨后潜水位上升数量是有规律的，一般1毫米降雨量潜水位上升2厘米，也即土壤的自由孔隙度为0.05。当潜水埋深小于毛管强烈上升高度时，潜水靠毛管作用能够及时补给土壤表层因蒸发而损耗的水分，潜水位以上土壤含水量总是保持毛管持水量，当潜水位低于2米时就没有这种现象，这说明潜水位埋深低于2米时，表层水分的蒸发损耗得不到潜水的及时补给。这时降雨首先需补充表层土壤水分的损耗，使其达到田间最大持水量，超过这部分水量的降雨才能补给潜水量引起水位的上升。

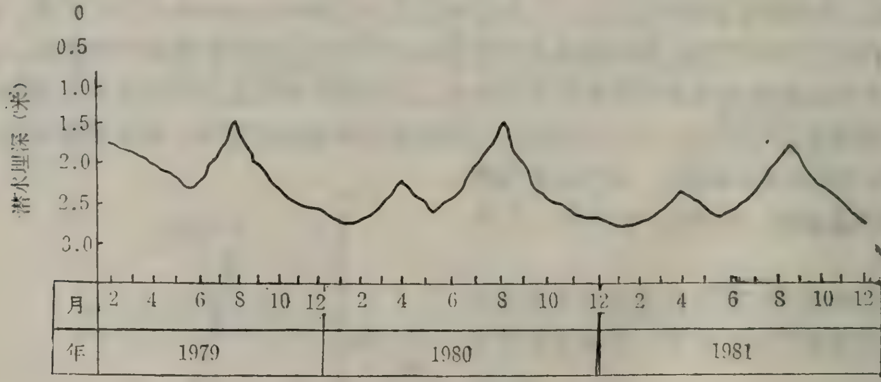


图4-15 潜水埋深变化过程线（山东禹城）

从潜水位埋深过程线图（图4-15）可以看出，灌溉对潜水位上升的显著影响，灌溉造成春季潜水位的高峰。灌后潜水上升幅度与灌前潜水埋深、灌水量大小、灌水时间有关。因此，在这个地区（特别是盐碱地区），春灌适当推迟，严格控制灌水量，是防止潜水位上升的关键。

2.潜水位下降的规律

潜水位的下降主要是潜发（包括蒸腾）引起的。山东省水科所提出的表达潜水蒸发强度与其埋深的关系式为：

$$q_y = q_o \left(1 - \frac{y}{H_k}\right)^n$$

式中 q_y——埋深为y时的潜水蒸发强度（毫米／日）

q_o——同时期潜水最大可能的蒸发强度（毫米／日），近于水面蒸发强度

y——潜水埋深（米）

H_k——潜水开始停止蒸发的深度（米）

n——指数，受气候和土质条件的影响，在沙壤土中采用n＝1。

3.降雨和蒸发对潜水动态的影响

由于黄淮海平原地势相对平坦，潜水水面坡降较小，在自然情况下潜水水平运动极为滞缓，潜水的消耗与补给主要受地面蒸发及降雨入渗的影响。在降雨较少的旱季，上层潜水在强烈的蒸发作用下逐渐消耗，导致水位下降。当灌溉或降雨下渗时引起潜水位上升。

二、潜水盐分的变化

自然状况下，盐碱土的土壤水分及溶于其中的易溶性盐类的运动主要是以毛管水和重力水的形式进行的。影响土壤毛管水和重力水运动的因素，除了土壤自身的质地、剖面构造和透水性能外，主要是潜水位、水质和气候因素中的降水、蒸发和温度的影响。土壤中以毛管水的形式进行着蒸发、积盐过程，一方面要以干燥气候下的强烈蒸发为条件，同时还必须具备潜水位达到一定高度，毛管水强烈上升的前峰达到或接近地面的这个前提。同样，重力水下行所造成的脱盐过程，一方面决定于降水量及其实际入渗量，同时，还要求潜水位保持一定深度，使重力水能够顺利下行。所以，气候因素和潜水因素共同影响盐碱土水盐运动过程。

黄淮海平原在季风气候影响下，盐碱土周年水盐动态的基本特征是季节性的强烈积盐过程和自然脱盐过程的交互更替，其一般特点如下：

黄淮海平原在季风气候影响下盐碱土水盐运动主要表现为蒸发——积盐、淋溶——脱盐和相对稳定三种形式。从季节性动态看，有四个阶段，即：

1.春季强烈蒸发——积盐阶段（3～5月）。这个过程主要决定于土壤中毛管水的运动状况。毛管水运动一方面受干旱少雨和蒸发强烈的气候条件的影响，使土壤上层水分因蒸发蒸腾所造成的势差，引起毛管水不断地向上运动和补充。另外，这种上行的毛管水运动，还在很大程度上决定于受潜水位所制约的毛管水强烈上升的前峰在土壤剖面中所处的位置。所以，毛管水上升运动的速度，决定于蒸发蒸腾强度和潜水位两个方面。一般情况下，春季的蒸发强度显著高于秋季，在潜水位相差不大的情况下，春季土壤的积盐速度和积累量显然较秋季为高。但是，如春季潜水位深而秋季浅，秋季土壤的积盐速度和积盐量也可接近甚至超过春季。

2.夏季降雨淋洗——脱盐阶段（6～8月）。这个过程主要决定于土壤中重力水的运动状况。雨季降水量和降水强度是重要的影响因素，但是更重要的是降水的实际入渗量。增大入渗量除与地面平整和覆盖状况、土壤的透水性等有关以外，并要求土壤大孔隙中重力水能够顺利下行，这就要求有良好的排水设施，以保证潜水位不致因雨季初期降水而迅速上升所造成的顶托现象，影响淋溶、脱盐效果。黄淮海平原降雨量的季节分配不均匀，冬、春两季降雨量只占全年降水量的15％左右。雨量主要集中在夏季6～8月降雨量占全年降雨量的55～70％。从降雨的季节分配和强度分析看，全年的降雨量中可以有50％以上（约300毫米）的降水对土壤中水盐的向下运行发生明显影响。而这些降雨又高度集中于一年中的7～8两个月，这就更加大了它的影响能力。所以，一年中有一个明

显的自然脱盐过程。据观测资料，本地区雨季期间降雨量在300～400毫米以上情况下，土体0～20厘米的脱盐率为60～64%，0～40厘米的脱盐率为35.5～42.5%。

3.秋季蒸发——积盐阶段（9～11月份）。这个过程是由于雨季刚过，潜水位处于较浅的情况下，在蒸发影响下土壤积盐量（日积盐量）可接近甚至超过春季。

4.冬季相对稳定阶段（12月份至翌年2月份）。在西北寒冷气流的影响下，冬季气候干燥寒冷，月平均气温在0°C以下，土壤进入冻结期，土壤水分主要以气态形式向上层转移凝冻，土体盐分运动基本停止。

总之，一个地区土壤盐碱化状况，取决于土壤的蒸发积盐与淋洗脱盐两种过程的对比。土壤蒸发积盐，是土壤毛管水向上运行的过程；土壤淋溶脱盐，是土壤重力水向下运行的过程。从周年看，当土壤水盐向上运行大于向下运行的过程，则土壤向盐碱化方向发展；反之，则不发生盐碱化。因此，调控水盐运动，最基本的就是减少或抑制土壤水分上行，使脱盐过程大于蒸发积盐的过程。

第四节　土壤水盐运动的影响因素

盐碱土的形成和演变是受土壤水盐运动所制约的，运动规律又受气候、水文地质、农田工程和耕作、生物措施等因素所支配。

一、自然条件影响下的土壤水盐运动

1.季风气候条件下的土壤水盐运动规律

黄淮海平原位于半干旱、半湿润的季风气候带，土壤水盐运动规律主要表现在土体尤其是耕层中的积盐和脱盐两个方面。这里雨量和光、热资源虽然较为丰富，但由于年内雨量分配极不均匀，因而大大影响了农作物对光、热资源的利用，特别是障碍因素较多的盐碱土，在农业生产上对光、热资源的利用率就更低了。例如鲁西北地区，一年之中仅有7、8两个月的降水量略大于或接近于蒸发量，其余10个月都是蒸发量大于降水一、二倍以上。特别是3～5月份的降水量仅占全年降水量的15%，蒸发量大于降水量五、六倍。

在这一时期，不论是越冬作物或是春播作物的生育对光、热、水三种条件都是迫切需要的。但是，由于雨少、风多和蒸发量大，不仅因土壤缺少水分限制了对光、热资源的有效利用，还由于土壤处于强烈积盐阶段，致使土壤中仅有的这点水分，因耕层中积累较多的盐分而更加减弱其有效性。据观测资料表明：轻壤土的耕层水分为16～17%，而含盐量为0.1～0.2%时，春玉米出苗率在95%以上；当耕层盐分达到0.2～0.3时，出苗率则为85%左右；当耕层含盐量达到0.3%以上时，春玉米出苗率仅为70%左右。

2.土壤、潜水水质条件对土壤水盐运动的影响

土壤水分运动主要表现在垂直和水平两个方面，这两种运动都为土壤和水文地质条件所制约。在季风气候影响下的周期性的土壤水盐运动，虽然年复一年的以积盐和脱盐的状态表现出来，但因土壤质地不同而显示出较大的差异。在潜水位和矿化度相接近的情况下，轻壤土的地块中，其土壤盐渍化的程度也较重；在粘土质的地块中，土壤盐渍化的面积就较少，盐渍化的程度较轻。其原因就是因土壤质地不同对水盐运动所产生的差异。通过模拟实验证明，在一定时间内，轻壤土质比粘土质的毛管水的强烈上升高

度要超出一倍左右。还有，潜水水质对水盐运动和土壤盐渍化也起着较大的影响。例如，禹城实验区属于浅层淡水条件较好的一种类型，而陵县实验区则属于浅层咸水较多的一种类型，这两个实验区虽然潜水位和土壤质地皆很近似，但由于水文地质条件不同，前者土壤盐渍化的程度就较轻，而后者土壤盐渍化的程度就较重。这说明地下水矿化度高低也是影响土壤盐碱化的一个因素。

表4-2　不同潜水位对土壤积盐的影响　　（鲁北陵县实验区1979年）

潜水位(米) / 土壤盐分(%) / 土层深度(厘米)	1.0			1.5			2.0		
	5月10日	6月10日	盐分增加(%)	5月10日	6月10日	盐分增加(%)	5月10日	6月10日	盐分增加(%)
0～20	0.25	21.67	563	0.39	1.07	174	0.43	0.62	44.2
0～100	0.21	20.69	225	0.29	0.63	117	0.33	0.48	39.3
0～150	0.18	40.62	236	0.24	0.33	137.5	0.19	0.21	10.5

二、技术措施对水盐运动的影响

1.井、沟结合对土壤水盐运动的影响

在有较丰富浅层淡水源的盐碱地区，一般采用井灌兼起助排作用的水利措施，淋洗盐碱，调控潜水位，来达到改良盐碱地的目的。此项措施既少占土地，又能节约农田基本投资，是一项经济有效的技术措施。鲁北禹城实验区就属于这种类型。

在季风气候条件下的黄淮海平原盐碱地区，完全采用以井灌代排是否能有效地调控潜水位和使水盐运动有利于土壤向脱盐方面演变？禹城实验区通过二、三年的井灌代排之后表明：在干旱季节结合农作物生育需水进行井灌能够有效地降低潜水位，减轻耕层盐分的积累，农作物的保苗率有明显的提高。但也发现，在雨水极端集中的七、八月份这段时期内，由于降雨的大量渗入，致使潜水位急剧增高，甚至距地表还不到半米，而且在七、八天内还难以下降到半米以下，致使农作物遭受泥涝灾害而减产。完全以井灌代排，虽然能起到一定的淋盐和抑盐的作用，但还不能把土壤中的盐分排走。在雨季，农作物一般不需要灌溉，常因停灌促使潜水位迅速回升，为晚秋土壤返盐创造了条件。基于以上原因，试区配合井灌又布置了以除涝为主的浅（农斗级）、深（支级）沟实验。通过三、四年的实验结果证明：井、沟结合的治水体系，在华北季风气候条件下，收到了明显的除涝、防渍和脱盐的效果，保证了越冬和春播作物的正常发育，经旱年和丰水年的验证都能获得较好的收成。例如，1974年7月份降雨139.5毫米，最大日降雨量73.8毫米，那时已建成机井群，但因没有农田排水工程，潜水位上升距地表还不到0.5米，农作

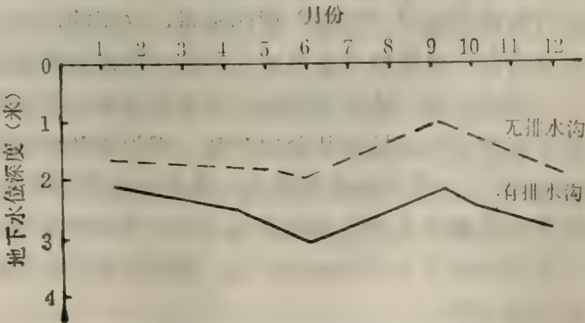


图4-16　排水沟对雨季地下水位的影响
（鲁北禹城实验区南北庄地段，1976）

物因受渍涝减产占总收获面积的50.6%。其中绝产的即占25.5%。1975年建设好浅、深沟农田工程，1976年8月份三天连续降雨224.2毫米（比1974年7月份全月降雨量多38%），由于有了田间排水工程，仅用一天多的时间，就把田间所积沥水排完，在2～3天之内，潜水位即下降到距地面半米以下，一周后下降到1米以下（图4-16），农作物基本未受沥涝的危害。根据排出的水质和流量计算，平均每亩还可排走盐分12.4公斤。

通过8年的对比实验可以认为：在半干旱、半湿润的黄淮海平原，实行井灌还需要配合一定深度的排沟，才能有效地调控潜水位和水盐运动，使土体向脱盐和抑盐方面演变。

2.渠（灌）、沟结合对水盐运动的影响

黄淮海平原有相当一部分地区浅层地下水矿化度较高，不适宜于灌溉。鲁北陵县改碱实验区就属于“地碱水咸”引用河水灌溉的类型。该试区位于马颊河流域，地形、地貌属于古黄河背河槽状洼地，土壤耕层含盐量一般为0.5～0.8%，高者在1.0%以上。潜水矿化度一般为4～5克／升，高者可达19克／升，距地表深250米之内的水质矿化度皆在3克／升以上。该试区既有老盐碱荒地，还有次生盐碱地。建试区以前，曾引过黄河水，当时由于有灌无排，大水漫灌，再加上插花种稻，结果不仅未能改好盐碱荒地，还把一部分轻度盐碱地和好地发展成为难以捉苗的重度盐碱地。因此，被迫停止“引黄”。建立试区之前，潜水位常年保持1.0～1.5米，而在雨季河道行洪期间，马颊河水面要高出试区地面一米多，致使地面沥水在短时间内难以排出，此段时间的潜水位几乎接近地表。要想改造好这样类型的盐碱地，必须解决平时特别是汛期的排水出路问题，同时配合耕作措施，才能把汇集来的高矿化度潜水和耕层中积累的大量盐分于雨季期间顺河道排之入海。利用淡水洗盐是改良盐碱地的一项重要措施，“引黄”在这里还是很需要的，综合考虑其地形、地貌、权衡河道平时和汛期排水的利弊，在农田工程和治水体系方面，设计和实验了提灌提排，采用田间沟网与农业措施相结合的综合治理措施。经过三、五年的实验实践，收到了除涝、土壤脱盐的明显效果。在建立试区前后的十五、六年间，曾经历三次丰水年（1964、1974和1977）和四次旱年（1979、1980、1981、1982）。1964年7、8两个月的40天内连续降水400毫米；那时的“陵西大洼”，地面积水深约1米，洼内所有的庄稼，几乎全部绝收。这年鲁北平原的农作物因涝灾减产或绝收的约千万余亩。因此，当地定名为“六四雨型”。在兴建河道和农田工程时，都以能排“六四型”雨量为设计参考标准。试区于1975年建成农田工程和排灌措施之后的第三个年头，即1977年遇到超过“六四”型的雨量，这年的7、8月份的40天内连续降雨523毫米。雨后2、3天内，地里积水基本排完，5、6天之内即把潜水位调控到1米左右。

建区三年，除自流排外，仅在雨季通过提排共排出水量148万立方米，根据当时水质矿化度折算，排走盐分1477吨，相当于7000亩耕地中（试区总耕地面积）每亩排掉盐分211公斤。据分析数据表明：建区初期的耕层盐分分别为0.31%和0.80%，经过四年的工程措施和生物措施相结合之后，到1977年其耕层含盐分别减少到0.13%和0.25%，一米土体的盐分下降60%以上。建区初期的潜水矿化度为4～5克／升，1977年测定则为2～3克／升。

3.耕作栽培等措施对水盐运动的影响

我国农民在与盐碱地长期斗争中，在当时农田水利工程很不具备的条件下，因地制

宜的摸索出适应水盐运动规律的耕作、栽培等措施，来达到保苗增产的目的。当然，农业措施有其一定的局限性，但若与工程措施相结合，不仅能大大节约工程投资，而且更能收到事半功倍的改碱效益。

(1)平整土地对水盐运动的影响　平整土地是农田建设的一项基本功，对盐碱地来说更有其重要意义。地面高低不平，在干旱季节，较高部位比较低部位的土壤蒸发量要多出一倍左右，从而使较高部位成为土壤水分的垂直和水平两种运动的焦点，结果使局部较高部位，积累较多的盐分。禹城实验区定位观测表明：在半径5～10米范围内，微地形高出周围地面2.5厘米时，0～5厘米土层的盐分，高处就比低处高出一倍多。又如陵县实验区有三百多亩麦田，在农田水利工程建成之后，由于地面不平整，半径3～10米的区域内，大大小小的盐斑面积约占总面积20%左右，连续二年的保苗率只有七、八成。经过精细平整土地和造墒洗盐之后，翌年即基本拿住了全苗。如果地面高低不平，在雨季不仅减弱伏雨淋盐的效果，而且由于地面径流分布不均，还要形成"水向低处流盐向高处爬"的后果，陵县实验区建区以来，结合农田水利工程建设，平整土地约三千多亩，结合洗盐，种植一、二年之后，耕层盐分即由0.6%降到0.08%，一米土体盐分由0.23降到0.05%，使粮、棉作物都能拿到全苗。

(2)起垄沟播（巧种躲盐）对水盐运动的影响　黄淮海平原内陆盐碱土的盐分在土壤剖面中的分布为上多下少的"丁"字型，其耕层特别是表层的盐分一般要高出下层的二、三倍。这是在季风气候条件下，土壤水盐运动在土壤剖面中所呈现的规律。如果按一米土体中平均含盐量来评价土壤盐渍化的分级，那么，大部分内陆盐碱土都可列为轻度盐渍土，但就是在这样的盐碱土上，粮、棉等作物都很难拿住全苗。其原因就是耕层积聚较多盐分的原故。农民为了多保住一些苗，除采取刮盐、起土等办法外，还针对土壤剖面中盐碱呈"丁"字型的特征和"盐向高处爬"的水盐运动规律，创造出起垄沟播的特殊耕作栽培措施。陵县试验区在农田水利工等配套的三、四年内，在中度尤其是重度盐碱地上，农民仍然喜欢采用沟播的栽培措施，其原因就是沟播比平播能多拿二、三成苗。只有等到耕层含盐量基本稳定在0.1～0.2%时，才能采用平播的栽培方式。

此外，有些盐碱地区所采用的"铺沙盖碱"、"淤土盖沙（碱）"、"客土改碱"、"沟台田"、"种稻改碱"、"水旱轮作"等，都是农民巧用水盐运动规律，达到保苗增收的措施。

(3)生物措施对土壤水盐运动的影响　众所周知，造成盐碱地农业生产低而不稳的原因主要是旱、涝、碱、瘦，这四个障碍因素相互作用的结果，造成一个缺林少牧、农作物单调稀疏的农田生态系统和地理景观，致使较为丰富的自然资源得不到充分利用。盐碱地区一般淡水资源比较贫乏，特别是在干旱的春季，如果能获得10～20毫米的雨水，对农作物真是如降甘露，但也最怕这样的小雨"勾碱"死苗。所以想要在盐碱地区有效地充分利用自然资源，就需要创造一个优良的农田生态系统。采取工程和生物相结合的措施，就能较快地改变旱、涝、碱、瘦的恶性循环，有利于较佳农田生态系统的加速建设。

从黄淮海平原盐碱地区土壤普查部分资料和中国农业科学院土肥所从50年代到80年代初期的改碱实验区（基点）的分析数据来看，除部分粘土质的盐碱地有机质略多一点外，大部轻壤土质的盐碱地有机质含量一般为0.5%左右，速效磷和全氮更是严重缺

之。目前黄淮海平原盐碱地区出现为数不少的粮、棉、油、肉等的高产实验样板，基本都是在采取工程措施解决旱、涝、碱问题的同时，注意抓了耕作和生物措施培肥土壤这一根本环节。鲁北陵县和禹城两个实验区都是走的这条路子。陵县改碱实验区在1973年刚建时，农田水利工程尚未进行，主要是采取农业措施，如机耕深翻、开沟播种、种植绿肥、增施有机肥等，对保苗增产都能起到一定的作用，对减少土体特别是耕层中的盐分和改良土壤物理性状也有一定的效果。

第五节 土壤水盐运动的调控

根据上述水盐运动的特征，盐碱土改良过程中的水盐调控大体上可分为三个阶段：第一阶段为排水排盐阶段；第二阶段为控制水盐平衡阶段；第三阶段增加地表覆盖，建立肥沃土壤。具体来说水盐运动的调控应包括下面几个方面。

一、建立排水系统，排水排盐

排水是调控水盐动态的关键性措施，目前一般采用的排水措施有明沟排水、暗管排水和竖井排水。

1.明沟排水

由于修建明沟排水系统的投资较少，便于管理，所以仍是当前采用最为广泛的措施。明沟可以较快的排出地表迳流，是除涝排水必不可少的措施，另外，对排除上层土体的盐分具有一定的作用。明沟排水一般所能形成的地下水位降深较小，排除下层潜水的能力弱，促使潜水下降的速度慢。末级排水沟深度只能保持在1～1.5米，调控潜水动态的能力更小。排水沟深大于临界深度，能够起到降低及控制地下水位的作用。排水沟对地下水下降速度的影响，取决于沟深和间距。据河北省深县材料，当排水沟工作深度为1.5～3.5米时，排水沟一侧对控制地下水位及防止土壤返盐的影响范围，为排水沟工作深度的100倍左右。深度2.5米的排水沟，在其一侧30及180米处，当地下水起始埋深为1米时，其相应的地下水下降速度分别为11及5厘米／昼夜；而在无排水地区仅2厘米／昼夜。南海试区的观测表明，深度分别为2.5及3.0米的沟，在距沟200米处，地下水起始埋深分别为0.4及0.53米，回降到1.69米的时间为34～24天，其回降速度分别为3.8及4.8厘米／日。从脱盐范围看，沟深3米的一侧影响范围约在200米，沟深2.5米约为100米。排水沟在汛期不仅能排沥防渍，又能排盐。据山东省禹城试区观测结果表明，1978年6～9月份降雨367毫米，产生迳流量64.3万立方米，带走盐分444吨，年均每亩带走12.4公斤。河北省南皮试区材料表明，在干、支、斗、农、毛排水工程配套的条件下，1974～1977年汛期年均每亩排盐881.8公斤，在雨季淋洗沟排的条件下，一般2米土体都有脱盐，耕层（0～30厘米）脱盐率一般在50～60%。

2.竖井排水

用机泵从竖井中抽水，可以产生较大的水位降深，对潜水动态有较大的调节作用。采取竖井排水是要抽排潜水与排除土体中的盐分，并结合灌溉及降雨的入渗，补给建立淡化潜水层，加速土壤脱盐。

在盐碱地区，井灌的过程实质上也是土壤脱盐的过程，在长期抽吸地下水和经常的

灌溉淋盐作用下，加强了地下水转化为地面灌溉水又入渗为土壤水或地下水的循环过程，促使土壤表层盐分逐渐向底层淋洗，因而脱盐深度不断加深，使土壤处于稳定脱盐状态。禹城试区从1975～1981年的7年中，土壤脱盐深度已普遍达到1～2米，表土和底土由原来的积盐状态变为脱盐状态。井灌前试区有各类盐碱地7万多亩，至1981年只剩下2.1万多亩。

根据在田间进行灌水压盐与不同井距脱盐效果的试验，不同灌水次数对淋洗盐分的情况，结果如下：

(1)灌水一次(每亩40～50方)，一米土体平均脱盐率达到38.5%；灌水二次，一米土体脱盐率达到68.1%（表4-3，4-4）。

表4-3 灌水后土壤盐分变化

单位：%

层次 (厘米)	灌前 (1979.3.25)	灌后 (1976.4.22)	脱盐率 (%)	
0～5	1.076	0.502	53.00	
5～20	0.234	0.155	33.80	
20～50	0.273	0.160	42.10	
50～100	0.213	0.160	24.90	

表4-4 灌水二次土壤盐分变化

单位：%

层次 (厘米)	灌前 (1976.4 1)	一次灌后 (1976.4.18)	二次灌后 (1976.5.4)	脱盐率 (%)
0～10	0.465	0.172	0.061	86.90
10～30	0.154	0.072	0.045	70.40
30～60	0.154	0.085	0.061	60.40
60～100	0.143	0.076	0.058	59.40

(2)抽水灌溉后，不同井距土壤盐分是不一样的。井距50米处一米土体脱盐率达45.10%；井距100米处，一米土体脱盐率为23.5%；井距200米，一米土体脱盐率23.3%。由此看出，靠机井近的地块，土壤淋洗盐分快，土壤脱盐率比靠近机井远的地块要多，这主要是受地下水形成漏斗状的影响。

据北京水科所资料，北京市通县富各庄试区，实行井灌井排以前，年平均潜水埋深只有1米左右，在雨季甚至长时间接近地表，由于潜水位埋深浅，大量地下水蒸发，表土积盐严重。实行井灌井排以后，不但减少了外源灌溉水对潜水的补给，而且使潜水位下降，例如1975年3～6月试区共抽水9.5万立方米用于灌溉，使整个地区潜水位下降1.50米（按给水度0.10计算）。井灌井排，由于强烈地抽取地下水，相应地降低地下水位，从而加强土壤水分的垂直下降运动，并在土体中形成一定强度的下降水流，促进地面灌

溉水与地下水的循环过程，产生矿化潜水与深层淡质承压水的交换，达到有效地调节与控制土壤和地下水水盐运动变化，促使耕层内盐分累积与淋溶矛盾的转化，使土壤向脱盐方向发展。

二、减少水盐的引入，调控水盐均衡

维持区域水盐平衡，是调控水盐动态的根本，为了达到这种水盐调节的目的，关键在于改变原有自然条件下主要由降水、蒸发调节的水盐动态。土壤盐碱化是个相当活跃的过程，盐化和脱盐均与水分状况变化有着密切的关系。解放以后，在治理上存在反复。为了解决缺水问题，拦河筑坝，抬高水位，大规模发展引黄灌溉，大搞平原水库，有灌无排，大大影响了区域水盐均衡，次生盐碱化又有新的发展。

例如徒骇河、马颊河流域面积为21970平方公里，1957～1962年大兴引黄，排水系统不健全，年总来水量154.75亿立方米，来盐量117.98万吨，而年排出水量仅为13.59亿立方米，排盐量69.9万吨，年迳流量仅占总来水量的8.7%，总排盐量仅占总来盐量的59.2%。1963～1965年，根治海河和进行了整治河道后，总来水量为147.39亿立方米，来盐量减少到83.60万吨，而去水量增加到19.23亿立方米，排盐量增加到94.1万吨，年迳流量占总来水量的13.16%，总排盐量占总来盐量的112.5%，即每年净排出盐量10.5万吨，大大改善了区域水盐均衡状况，使盐碱化面积减少33.8%。如山东省禹城实验区采用井灌沟排工程措施，减少引黄灌溉，使井灌面积由过去2.0万亩，扩大到8.0万亩，大大改善了试区水盐均衡状况。1974～1982年试区水盐均衡状况概算结果表明，1982年比1974年来水量减少500万立方米，来盐量减少550万吨，大大改善了水盐均衡状况，使试区盐碱化面积由过去11万亩，减少到3.0万亩左右。由此说明，通过建立区域排灌工程，合理引水，增加排水能力，使去水量等于或大于来水量，可以改善区域性水盐均衡状况，建立合理的水盐平衡。因此，在一定时间和空间内，排涝和浅层地下水开采，适应了季风区水盐运动的特点和规律，是统一调度降水、地面水、土壤水和地下水的有效措施。

三、合理调控地下水位

黄淮海平原土壤形成过程和土壤盐渍化的发展与演变，主要受潜水的影响和控制，不同的潜水状况将导致土壤不同的发展方向。潜水位又是一个在气候、地形、特别是灌溉排水活动影响下反映非常灵敏的因素，是人工调控水盐运动的主要方面，是水盐平衡的重要指标。

通过治理措施使旱季水位在临界深度以下，可以控制土壤返盐，减少蒸发；汛期地下水位控制在抗涝深度以下，可以免除涝害的影响；盐碱土的脱盐淋洗要求有一定的地下水埋深，以提高土壤脱盐效果；地下水位的下降，可扩大土壤蓄水库容，增强调蓄能力；合理的地下水埋深，既增加作物对地下水的利用量，又利于节水节能。

黄淮海平原旱涝碱的综合治理结果证明，大多数地区治理效果都是在地下水下降到2米以下深度取得的。商丘综合治理区的地下水调控标准是2～4米，利用春季开采浅层地下水，降低地下水位，防止春季干旱期返盐，并使地下水埋深在汛前降低到最低深度，为汛期蓄雨淋盐创造条件。汛期在充分利用土壤蓄水库容的基础上，利用明沟进行

除涝排盐。商丘实验区治理前的1978～1979年地下水平均埋深为1.59米，治理后的1981～1983年平均埋深为3.21米，半承压水头亦有所降低，一般年份地下水埋深，春季控制在临界深度以下，汛前3～4米。商丘、宁陵和民权三县治理区1977年至1983年 6 年间，地下水位年均下降1米左右，其中25％面积下降0.86～1.60米，25％面积下降0.02～0.33米。由于地下水位的下降，控制了土壤积盐加速了土壤脱盐速度，盐碱地面积不断减少。商丘实验区的盐碱土面积由1978年的36.7万亩，1983年减少到11.2万亩。在古黄河背河洼地半承压水典型区，采用井灌井排改良措施可起到截渗、减压作用，减弱了半承压水的越越流顶托补给和对土壤盐碱化的影响。

四、地下水位调控标准

地下水位调控标准要在合理利用水资源的基础上，满足排涝、防渍、防盐、治碱、增加降雨入渗，提高地下水利用率、减少蒸发、扩大开采和节水节能等多目标，并进行多年调节，以达到综合治理旱涝碱和发展农业生产的目的。

1.排涝与防湿的地下水深度

根据对小麦、玉米、棉花等作物耐淹和抗湿的观测结果，采用地面水2日内排出，允许的最大水深为5～10厘米；防湿的地下水深度0.6～1.0米，允许时间3～4日。

根据在李庄实验区田间农沟沟深1.2～1.5米的排水效果观测，在邻排水沟100米范围内，雨后1～6日地下水埋深可从接近地面降至0.5～1.0米，比无排水沟地区的地下水下降速度增加53％，可满足作物抗湿要求（见图4-17）。目前实验区的田间工程（沟深1.0～1.7米，间距250米左右）、其排涝标准可达十年一遇以上。

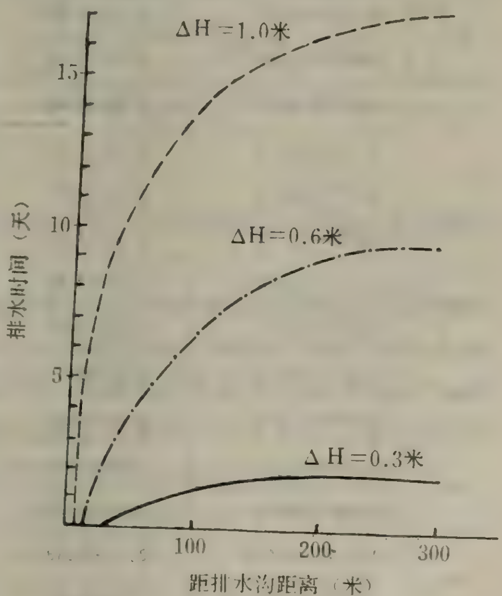


图4-17　明沟排水作用图

根据1984年暗管排水试验区观测结果：在暗管深度2米左右、间距100～150米时，比无暗管区的排水速度增加一倍；雨季67天的总排水量为4424立米，平均每亩排水量11.1立米，总排盐量6.2吨，平均每亩土地排盐量15.6公斤。

2.增加降雨入渗系数的地下水埋藏深度

降雨入渗系数按实侧的降雨量和地下水上升值计算求得。计算结果表明，在相同降雨量情况下，降雨入渗系数，除与土壤给水度因素有关外，还取决于地下水埋深。降雨入渗系数在地下水埋深小于 1 米时，其补给系数最小；降雨入渗系数随着地下水埋深的增加而递增、最大值出现在地下水埋深为3米左右时，埋深大于3米后补给系数值逐渐变小。根据地下水埋深 1～6 米的降雨入渗系数计算结果，其值变化范围为0.16～0.23。

3.地下水蒸发极限深度

地下水蒸发极限深度是根据测定的地下水埋深和水面蒸发量资料，应用计算潜水蒸

发量的经验公式$E=E_0(1-\frac{h}{L})^n$ 变换为 $\frac{\ln\left(\frac{L-h_2}{L-h_1}\right)}{\ln\left(\frac{L-h_2}{L-h_3}\right)}=\frac{E_{01}\cdot\Delta l_1}{E_{02}\cdot\Delta l_2}$

（取$n=1$）求解。式中h_1，h_2，h_3，h_4为潜水蒸发造成地下水位下降的两个时段的两组数据，E_{01}，E_{02}与Δt_1，Δt_2为相应上两时段的水面蒸发强度和时间。

计算结果，地下水蒸发极限埋深值为3.51～4.36米，平均值为3.82米（见表4-5）。

4.控制春季土壤返盐的地下水深度

土壤盐分动态研究结果表明，干旱少雨的春季是土壤积盐的主要时期。控制春季土

表4-5 潜水蒸发极限深度计算表

井号	计算时段(日/月)	埋深(米)	蒸发量(毫米)	天数	L值	注
S1	21/7～16/8	2.36～2.70	170.9	27	3.524	一九八一年
	26/8～1/10	2.57～3.10	193.4	37		
S2	21/7～16/8	2.33～2.80	170.9	27	3.632	
	26/8～1/10	2.68～3.30	193.4	37		
S3	21/7～16/8	2.22～2.82	170.9	27	3.551	
	26/8～1/10	2.77～3.36	193.4	37		
S4	21/7～16/8	2.24～2.85	170.9	27	3.672	
	26/8～1/10	2.78～3.43	193.4	37		
S5	21/7～16/8	2.01～2.80	170.9	27	3.707	
	26/8～1/10	2.67～3.47	193.4	37		
加2	21/7～16/8	2.47～2.80	170.9	27	4.360	
	26/8～1/10	2.99～3.54	193.4	37		
B6	21/7～21/8	2.65～3.15	194.4	32	3.507	
	26/8～1/10	3.11～3.48	183.1	32		
B9	21/7～21/8	2.83～3.30	194.4	32	3.947	
	26/8～26/9	3.06～3.82	183.1	32		
B10	21/7～21/8	2.50～3.18	194.4	32	3.930	
	26/8～26/9	3.13～3.81	183.1	32		
#19	11/9～1/10	3.52～3.56	557.5	21	3.664	一九八三年
	26/11～26/12	3.11～3.29	43.1	32		
#30	1/8～6/9	3.78～4.14	149.5	37	4.284	
	1/12～26/12	3.66～3.77	33.8	26		
#41	1/9～21/9	3.62～3.70	56.9	21	4.121	
	16/11～26/11	3.10～3.12	16.9	11		
平均					3.82	

表4-6　作物耐盐情况

作物	生长情况	土壤含盐量（%）			
		0～5厘米	5～10厘米	10～20厘米	0～20厘米
玉米	正常	0.146	0.146	0.111	0.128
	死苗	0.336	0.250	0.299	0.296
小麦	正常	0.079	0.134	0.089	0.098
		0.118	0.062	0.100	0.095
	轻度影响	0.095	0.244	0.328	0.200
		0.171	0.107	0.167	0.153
	死苗	0.444	0.340	0.246	0.319
棉花	正常	0.133	0.154	0.110	0.126
		0.123	0.181	0.143	0.148
	轻度影响	0.201	0.211	0.202	0.204
		0.293	0.261	0.189	0.233
	死苗	0.446	0.408	0.462	0.445
		0.375	0.205	0.163	0.227

表4-7　不同地下水埋深的土壤盐分动态

取土点号	取土时间（月、日）	土壤含盐量（%）		地下水埋深（米）
		0～5（厘米）	0～20（厘米）	
S_1-3	1.15	0.045	0.045	0.97
	3.14	0.153	0.153	
S_0-9	1.15	0.054	0.053	0.97
	3.14	0.140	0.179	
S_0-6	1.15	0.118	0.155	0.97
	3.14	0.299	0.276	
高2	1.26	0.041	0.052	1.54
	3.16	0.304	0.241	
S_0-1	1.15	0.046	0.038	1.72
	3.14	0.135	0.138	
张	1.28	0.095	0.105	1.78
	3.16	0.320	0.190	
S_1-7	1.15	0.041	0.035	1.84
	3.14	0.167	0.127	
虎	1.25	0.030	0.039	2.45
	3.14	0.055	0.046	
黄2	1.26	0.047	0.064	2.66
	3.14	0.083	0.053	

壤积盐是促进土壤脱盐和维持年度盐量平衡的关键。在低矿化水地区，影响土壤积盐的主要因素是地下水埋藏深度。

（1）主要作物的耐盐度　根据人们在井灌井排试验区对作物苗期耐盐度的观测结果：玉米耐盐度为0.15%左右，土壤含盐量大于0.3%会造成作物死苗；小麦正常生长的土壤含盐量为0.1%左右，含盐量达到0.2%时即开始影响小麦正常生长，而超过0.3%时对作物造成严重危害和死苗，棉花正常生长的土壤含盐量为0.15%左右，超过0.3%时作物发生死苗（见表4-6）。根据上述结果，春季土壤含盐量宜控制在0.1～0.15%。

（2）地下水埋深与土壤积盐速度的关系　根据实验区1985年1～3月土壤定位点盐分动态观测资料，地下水埋深0.97～1.84米时，0～5厘米的土壤含盐量由1月份的0.04～0.118%增加到3月份0.135～0.299%；而0～20厘米的平均土壤含盐量由0.035～0.155%增加到0.095～0.276%。地下水埋深为3.45～2.66米时，0～5厘米的土壤含盐量由0.030～0.047%增加到0.055～0.083%；0～20厘米的平均土壤含盐量由0.039～0.064%增加到0.046～0.053%。根据作物苗期耐盐要求，春季地下水埋深应大于2.0～2.1米。地下水埋深超过2.5米时，土壤积盐速度明显减弱（见表4-7）。为减少春季返盐，汛后土壤含盐量应在0.05%。

根据上述指标和要求，年度地下水埋深主要控制范围为2～4米，多年地下水调控范围可在1～5米变动。不同阶段的地下水埋深和调控方法是：2～5月是作物灌溉和开采地下水的主要时期，此阶段降雨量少而蒸发量大，也是土壤积盐的主要时期。此期主要通过

开采地下水来降低地下水位，使地下水埋深在2米以下，以减少蒸发和控制土壤返盐。其次，通过开采地下水腾空土壤库容，为汛期蓄水创造条件。汛前地下水埋深降至3.5～4.0米为宜，以有效地控制汛期涝情的发生。6～9月，是降雨集中的时期，一方面要利用降雨回补地下水，同时要防止涝渍灾害的发生，通过工程排水措施使汛期地下水埋深大于1米，且以1～2米为宜，促进土体脱盐，使耕层土壤含盐量降低到0.1%以下，一米土体含盐量降低到0.1%左右。10月至次年元月，又是一个蒸发积盐期，此时期虽蒸发强度较春季小，但地下水埋深与春季是否发生强烈返盐有着密切关系，控制秋季和冬前地下水埋深在2米以下，是减少春季土壤返盐的前提条件。

根据李庄实验区B_9和定$_2$的水土观测资料，1980年1～3月的平均地下水埋深为1.68～1.94米，耕层（0～20厘米）土壤含盐量高达0.486%。后经井灌井排和明沟除涝等综合治理后，地下水位逐渐降低，到1981年1～3月的地下水埋深为2.65～2.72米，耕层土壤盐分减少到0.159%，到1984年1～3月的地下水埋深为3.24～3.83米，耕层土壤盐分减少到0.111%，并产生了一米土体的脱盐，平均脱盐率为34.8%。1984年降雨量达880毫米，造成10～12月的高地下水位，地下水埋深为1.38～1.78米，1985年1～3月的地下水埋深为1.76～1.97米，使耕层和一米土体盐分都有增加，0～40厘米的土壤盐分由0.099%增加到0.138%，一米土体平均含盐量由0.101%增加到0.178%。五年来的观测结果说明：冬前和春季地下水埋深控制在2米以下，不仅能控制春季强烈返盐，同时能使一米土体盐分逐渐得到淋洗和脱出。

第六节　地下水的监测预报

近几年来，应用物理模拟和数字模拟对地下水动态的预测科学研究，有了新的进展。中国农业科学院农田灌溉研究所自制R-C阻容网络模拟（混合计算机），用于河南省商丘地区240平方公里范围地下水动态预测研究。

一、R-C阻容网络模拟——混合计算机的研制

地下水动态预测是利用自行设计和组表的R-C阻容模拟机进行的。该系统由微型数字机、接口电路、多路信号源发生器、采样器、模型板等组成，计算机采用8位字长的6502系统的微型计算机，机内固化有BASIC-Ⅱ语言。接口电路由三态驱动电路和译码电路组成。多路讯号发生器包括192路程控电压信号源和64路程控电流信号源。模型设计为半通用式，由电位器、电容器和插头座组成。结点的布置可根据研究区域的实际情况灵活安排，最大结点数1600个。整机框图和计算机系统框图见4-18，4-19。

该模拟机经整机调试和验机试验，得到的水位曲线与解析解理论曲线非常一致，误差小于10%。该机于1985年11月正式通过鉴定。

二、预测区参数和模型

预测区包括商丘县7个乡，总面积240平方公里，北起古黄河大堤，南至观堂、水池铺乡为界，内有东沙河、包河、古宋河、康林沟和陈粮河等五条季节性河流。该区包括古黄河背河洼地和缓坡平地两个地貌单元：第一区背河洼地的面积为80平方公里；第二区缓坡

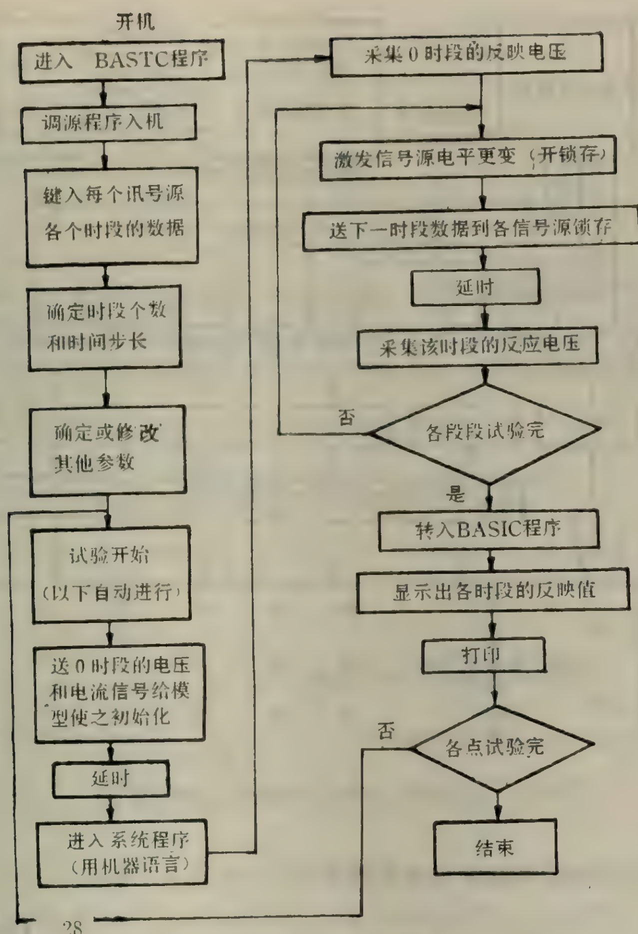


图4-18　整机工作原理（软件部分）

平地的面积为160平方公里。因受黄河泛滥的影响，浅层地质构造复杂，不同层次犬牙交错，多为三元结构，导水性相差较大，富水性第一区远不如第二区。

试区中所有参数均由野外试验提供，各区采用的水文地质参数如下表4-8。

按地下水非稳定平面流设计模型，整个模型共有386个结点，试验中取空间步长800米，时间步长15天，野外试验时间360天。

表4-8　水文地质参数表

水文地质分区	地貌单元	面积 (km²)	平均地下水埋深 (M)	导水系数 (M²/日)	给水度 (μ)	侧渗量 (万方)	地下水开采系数 (万方km²·年)	降雨补给量 (万方)	潜水蒸发量 (万方)	地下水极限埋深 (H)
I	背河洼地	80	2.0～3.0	100	0.03	16.21	3.1	640	429.6	3.82
II	缓坡平地	160	4.0～5.0	190	0.044	0	4.26	1260	322.2	3.82

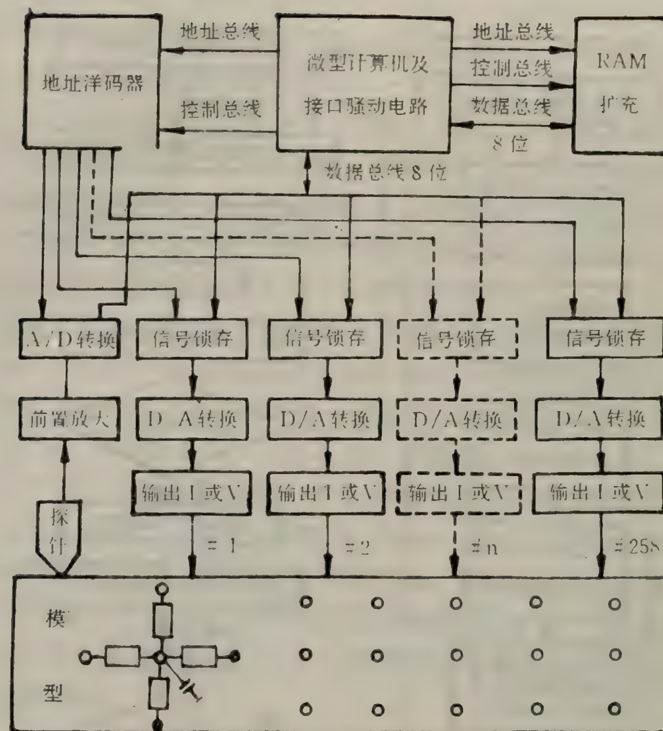


图4-19 阻容模拟计算机系统方框（硬件部分）

地下水非稳定流的二维基本微分方程式为：

$$T_x\frac{\partial^2 H}{\partial x^2}+T_y\frac{\partial^2 H}{\partial y^2}=\mu\frac{\partial H}{\partial t}$$，将

此式写成有限差分格式如下：

$$\frac{\Delta Y}{\Delta X}(H_1+H_2-2H_0)+\frac{\Delta X}{\Delta Y}(H_3+H_4-2H_0)=\frac{\Delta X\cdot\Delta Y}{T}\mu\cdot\frac{\partial H}{\partial t} \quad ①$$

式中：H_1、H_2、H_3、H_4、H_0为水头，ΔX和ΔY为空间步长，μ为给水度或储水系数，T为导水系数，t为时间。

对应R-C网络结点如右图：

根据克希霍夫定理$\Sigma I=0$。结点平衡方程式为：

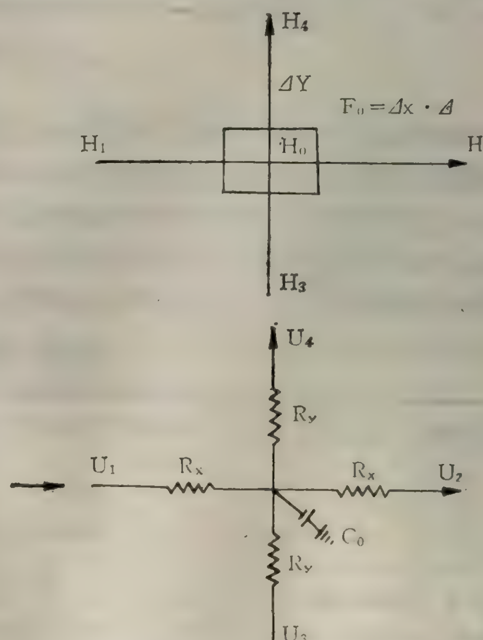


图4-20 对应R-C网路结点图

$$\frac{1}{R_x}(U_1+U_2-2U_0)+\frac{1}{R_y}(U_3+U_4-2U_0)=C_0\frac{\partial U}{\partial t_m} \quad ②$$

式中：u为电压，t_m为电时间。

方程①、②即为R-C模拟的数学原理。

三、模拟预测结果

模拟试验以1984年1月1日的实测值为初始水位。模拟选用正方形网络，划分成24个时段。根据水文地质参数分区，经过试算选出适当的比例系数：$C_1=0.5$伏／米，$C_2=1.995\times10^6\Omega m^2$／日，$C_3=4.95\times10^{-11}$法拉／米²。模拟阻容值的计算如下：

1.空间电阻

第Ⅰ分区：$R_{y_1}=C_2\frac{\Delta y}{T_Ⅰ\cdot\Delta x}=1.995\times10^6/100=20k\Omega$

$$R_{x_1}=R_{y_1}$$

第Ⅱ分区：$R_{x_2}=C_2\frac{\Delta y}{T_Ⅱ\cdot\Delta x}=1.995\times10^6/190=10.5k\Omega$

$$R_{y_2}=R_{x_2}$$

2.电容

第Ⅰ分区：$C=C_3\cdot S_1\cdot F=4.95\times10^{-11}\times0.03\times800^2=0.95\mu f$

第Ⅱ分区：$C=C_3\cdot S_2\cdot F=4.95\times10^{-11}\times0.044\times800^2=1.41\mu F$

3.电流 $I=\frac{C_1}{C_2}Q=2.5\times10^{-7}Q$

4.电时间 $tm=C_2\cdot C_3\cdot t=1.995\times10^6\times4.95\times10^{-11}\times360=35.55$毫秒

$tm/n=35.55/24=1.481$毫秒

在整个模拟试区内，选择两条剖面线，I-I′剖面线垂直于地下水流向，总长22.8公里，II-Ⅱ′剖面线平行于地下水流向，总长14公里。

根据1970年到1983年降雨和蒸发量资料，用计算机随机法，预报出近10年的模拟降雨量，并以降雨量为基础，进行了不同开采强度下地下水位的预测，预测结果见表4-9。

根据地下水预测结果说明，地下水位变化主要受开采和降雨的影响，开采能造成地下水位较大幅度的变化，而水文年的降雨造成的影响则较小。同一水文年，开采强度由3.6万方／年·平方公里增加到6.25万方／年·平方公里时，水位普遍下降2米以上，但在同一种开采强度下，不同的水文年的地下水位相差仅1米左右。当地下水开采模数为3.67万方／年·平方公里时，全区多年地下水平均埋深可控制在2.2～4.9米，局部为1～1.5米；当开采模数为4.17万方／年·平方公里时，多年地下水平均埋深为5.0～7.9米；当开采模数达10万方／年·平方公里时，多年地下水埋深7～10米，最深达11米。同时说明，开采模数小于625万方／年·平方公里，地下水位变化与降雨关系密切，容易回补恢

表4-9 预测水位表 1987年（丰水年）

位 置（乡）	开采模数（10^4m^3/km·年）	水位埋深（米）低	高	开采模数（10^4m^3/km·年）	水位埋深（米）低	高	开采模数（10^4m^3/km·年）	水位埋深（米）低	高	开采模数（10^4m^3/km·年）	水位埋深（米）低	高
	3.67			4.17			6.25			10		
谢 集		3.5	1.0		4.0	2.0		5.5	3.5		9.0	6.5
李 庄		3.0	1.0		4.5	3.0		6.0	4.0		8.0	7.0
刘 口		4.0	2.0		5.0	3.0		6.5	4.5		8.0	6.0
双 八		5.0	3.0		6.0	5.0		7.0	6.0		9.0	8.0
王 楼		4.0	1.5		5.0	4.0		6.5	5.0		8.0	7.0
观 堂		3.5	3.0		5.0	4.0		6.0	5.0		8.0	7.0
水池铺		5.0	4.0		7.0	5.0		8.0	7.0		10.0	8.0
平 均		3.2	2.2		5.2	3.7		6.5	5.0		8.6	7.1

1989年（枯水年）

	3.67			4.17			6.25			10		
谢 集		4.0	2.0		5.0	3.0		6.5	4.5		10.0	9.0
李 庄		4.0	3.0		5.0	4.0		7.0	5.0		9.0	8.0
刘 口		5.0	3.5		6.0	4.0		8.5	6.0		10.0	9.0
双 八		6.0	4.0		6.5	5.0		9.0	7.0		10.0	9.0
王 楼		4.8	3.0		6.0	5.0		8.0	7.0		10.0	9.0
观 堂		4.5	3.0		5.5	4.5		7.5	5.5		10.0	9.5
水池铺		6.5	5.0		8.0	6.0		9.0	8.0		11.0	9.5
平 均		4.9	3.4		6.0	4.5		7.9	6.1		10.1	9.0

1990年（平水年）

	3.67			4.17			6.25			10		
谢 集		4.0	2.0		4.5	3.0		6.0	4.0		9.5	7.0
李 庄		4.0	2.5		5.5	3.5		6.5	5.0		10.0	8.0
刘 口		5.0	3.0		5.5	3.5		8.0	5.5		10.0	8.0
双 八		5.5	3.5		7.0	6.0		8.5	7.0		10.0	8.5
王 楼		4.0	3.0		5.5	4.5		8.0	7.0		10.5	9.0
观 堂		4.0	3.0		5.5	4.0		7.0	5.0		9.5	9.0
小池铺		6.0	5.0		7.0	5.5		8.5	7.0		10.5	9.0
平 均		4.6	3.1		5.8	4.3		7.5	5.7		10.0	8.4

复；当开采大于10万方／年·平方公里时，地下水将产生大幅度连续下降，即使丰水年也难以恢复。

其次，以1984年为基础，进行了连续2～3年丰水、平水和枯水年的预测，预测的结果分别是：当地下水埋深控制在3～4米时，丰水年的开采模数为5万方／年·平方公里左右；平水年的开采模数为3万方／年·平方公里左右；枯水年2万方／年·平方公里左右。

从以上预测结果说明，地下水位要进行多年调节。多年调节的适宜开采模数为3～5万方／年·平方公里，不同水文年的埋深变化范围为3～7米，可以多年连续开采，水位能正常恢复，但开采量不应超过10万方／年·平方公里，否则会发生超采。

第五章　豫东豫北盐碱地综合治理

第一节　豫东商丘实验区古黄河背河洼地综合治理

商丘实验区位于黄淮平原北部商丘县李庄乡，总面积95平方公里，耕地7.45万亩。实验区属于豫东、皖北古黄河背河洼地重盐渍化和决口扇形地、微倾斜平地斑状盐渍化类型区，旱、涝、盐碱和瘠薄是农业发展的限制因素。实验区按自然特征分为两个区：一为古黄河背河洼地重盐渍化区，浅层地下水具有半承压性，滩地侧渗补给和越流补给量均较大，建立了刘集井灌井排试验区。一为决口扇斑状盐渍化区，浅层地下水不具有明显的半承压性，建立了李庄中心试验区。根据以上两个试验区的经验，采取治水、改土和调整农业结构的技术体系，对整个商丘实验区进行综合治理，取得明显的治理效果和生态、经济效益。并因地制宜地逐步向商丘地区74万亩引用外资治理区示范推广，得到更大的社会效益。同时，根据综合治理的需要，进行井灌井排、暗管排水、水盐监测预报、旱地农业增产技术和调整农业结构等方面的系列研究。

一、商丘实验区自然特点和旱涝碱

本区属暖温带季风气候。根据商丘地区气象资料统计：年平均气温14°C，大于10°C积温4771.7°C，日照时数2417.5小时，无霜期214天。光热资源丰富，可满足一年两熟作物的需要。降雨量比较充沛，年平均降水量681.3毫米。但是，时、空分布不均，年际和年内季节变率均大。年最大降水量1189.9毫米（1979年），为年最小降水量432.2毫米（1981年）的2.8倍，汛期（7～9月）降水量占全年降水量的60～70%，春季（3～5月）不足20%。年蒸发量1590.2毫米，为年降水量的2.3倍。形成春旱、秋涝，涝碱相随，旱涝交错，涝重于旱，旱涝碱共存的特点。

秋涝是造成实验区秋粮低而不稳的重要原因之一。全区有5万多亩低洼易涝面积，一般年份秋季有60%的作物受灾减产，大涝年受涝面积可达90%以上，30%的耕地基本绝收。春旱又无灌溉条件，使小麦等夏收作物产量很低。据1971年至1974年统计，小麦平均亩产仅66公斤。1975年～1979年后，发展引黄灌溉，小麦平均亩产达122公斤，增长85%。但是，引黄后兴渠废井，重灌轻排，造成灌后地下水位提高，加重了涝碱危害，致使秋粮不论是总产还是单产均有逐年下降的趋势。1978年3月17日至6月24日，长期连续引黄灌溉97天，使汛前地下水埋深均在1米左右，进入汛期后的7月1日至11日共降雨259毫米，地下水位升到0.3米以上，作物普遍遭受涝渍灾害，成灾面积达5万亩，其中2万亩基本绝收。由此可见，旱涝交错的地区，抗旱防涝必须兼顾，不能顾此失彼。

本区为1194年黄河行水至1855年黄河改道后遗留下来的古黄河背河洼地。明，清故

道距今只有百余年的历史，侵蚀程度轻，故道成为较高的悬河。背河洼地低于古黄河滩地6～10米，地势低洼平缓，地面坡降1／3000～1／5000，多为封闭或半封闭条状洼地。排水困难，潜水位高，涝渍和盐渍化严重。排水条件差，水盐运动强烈，向南距堤2～3公里与决口扇形地和微倾斜平地相接。起伏高地和积水洼地周边，有中、轻度斑状盐渍土。

本区浅层地下水含水层厚度40～60米，属三元结构。据112个钻孔资料，上部为亚砂和亚粘、粉砂薄层组成的潜水层，厚度12～15米；中部是水平方向分布较连续的粘土或亚粘土弱透水层，厚度4～12米；下伏以细砂为主的半承压含水层，厚度6～15米。由于渗透能力差异大，水在垂直交替时有明显的滞后作用，影响排水效果。由于浅层地下水具有半承压性质，下部半承压水对上层潜水的越流补给和顶托作用明显。据垂直古黄河大堤四条基线孔组地下水位资料，下半部半承压水层的压力水头高于上层潜水位1.1～0.1米。承压区主要分布在近大堤1.5公里范围内，愈近大堤承压水头愈高，2公里以外承压水头逐渐消失。上层潜水和下伏半承压水的水位动态呈同步变化，二者有较密切的水力联系。据1983年资料计算，每年每平方公里的越流补给量为20.87万立方米，致使古黄河背河洼地地下水常年处于高水位，地下水埋深仅0.5～1.5米。

由于古黄河滩地的潜水位比背河洼地高1.5～3.0米，滩地与背河洼地交接处的地下水水力坡度是2～6‰，在距大堤1.5公里处逐渐变缓为0.4～0.9‰。因此，滩地浅层地下水对古黄河背河洼地产生侧渗补给作用。据1983年资料计算，古黄河背河洼地每年每公里的侧渗补给量为14.6万立方米，大部分聚集在距大堤1.5公里的背河洼地范围内。

根据地下水平衡计算结果，在不进行人工开采的自然条件下，古黄河背河洼地越流补给量和降水量分别占总来水量的58.3%和37.4%，而总去水量的95%是潜水蒸发量，排泄量仅占1.7%，浅层地下水均衡类型属降水、越流补给-蒸发型，致使涝渍灾害频繁，土壤盐渍化严重。

西部多为中等富水区，矿化度<2克／升。而东部较差，局部为贫水区，部分矿化度在2～3克／升以上。

本区盐渍化土壤1～2米深度土质多为粉砂壤土。其中粉粒（0.05～0.005毫米）含量占60～80%。据土壤微结构鉴定：颗粒均匀，层理明显，排列紧密，孔隙少（2～4%），孔隙直径多为0.2～0.5毫米，最大直径1.0毫米左右，属致密状微结构。据测定，粉砂壤土的渗透系数为0.019～0.711米／昼夜，释水率4%左右，毛管强烈上升高度160～180厘米，上升速度和蒸发量是粘土的3～5倍，盐分扩散亦大于粘土。因此，该土质易积盐而不利于排水脱盐，且稳定性差，排水沟塌坡严重，更增加了治理难度。

本区土壤盐渍化严重，盐渍化土壤比较集中，占耕地面积的70～80%。盐碱类型复杂，有盐化潮土、苏打盐化潮土和碱化潮土等。盐化潮土的盐分大部分集中于表层0～15厘米，含盐量为0.3～0.6%，盐分组成以氯化物、硫酸盐为主。本区由于地下水位较高，矿化度较低，在蒸发作用下，土壤水分和盐分沿着毛管向上运行，最后盐分积聚于表土。因此，土壤剖面盐分上多下少，呈丁字型分布。虽然1米土体含盐量较低，但表土盐重，危害作物生长。盐分运动有明显的季节性变化，旱季积盐期返盐高峰时，地表厘米内含盐量可超过1%。雨季为脱盐期，雨后易淄盐板结，土壤物理性状差。盐化潮土多分布在洼地边缘微斜平地盐化土带。在地下水含有多量重碳酸钠地区或盐化潮土经

过脱盐后易形成苏打盐化潮土。在洼地低处多分布碱化潮土，表土含盐量低，一般为0.1～0.3%，pH值高达8.5～9.5，盐分组成以重碳酸钠为主，并有苏打积累，土壤具有明显的碱化现象，土粒分散，易板结，作物难以出苗和立苗。

此外，不合理的人为活动加重了本区的旱涝碱灾害。1958年兴建潘口平原水库，水库面积37平方公里，库区村庄全部迁出，土地失耕。大搞引黄，大水漫灌，有灌无排。地下水位急剧升高，涝碱灾害更加严重，1963年盐碱地面积最多时达到4万余亩。

综上所述，本区的气候、地形、地貌、土壤、水文地质等自然条件是形成旱涝碱灾害的决定性因素，不合理的人为活动又加重了旱涝碱灾害。生产实践证明，旱涝碱灾害是造成本区农业生产长期低而不稳的主要原因，为了加快农业发展步伐，改变低产贫困面貌，首先必须改变生产条件，进行旱、涝、碱综合治理。

二、商丘实验区综合治理技术体系

1.治水、改土和调整农业结构的综合治理技术体系

根据豫东古黄河背河洼地盐渍化类型区的自然特点，商丘实验区综合治理的指导思想是改造和利用结合，工程措施和生物措施结合，采用治水、改土和调整农业结构相结合的技术体系。

治水是改土的前提。治水的实质是调蓄和调控大气降水、地面水、土壤水和地下水。首先是除涝，在治渍防涝的同时亦要防旱，做到排蓄灌相结合，合理调节、利用水资源，建立库、沟、井、渠、管相结合的排蓄灌配套工程体系。利用黄河故道和坑塘水库调蓄大气降水、地面径流和引黄水源等灌溉水源；利用明沟系统除涝、防渍和排盐；利用群井实行井灌井排调控地下水位，并结合引黄蓄水提灌，大力发展井灌。采取地下管道输水和软管灌溉系统，节水节能扩大灌溉面积。由于水资源不足，因此，在积极发展灌溉农业的同时，对旱地农业应给予足够的重视。要充分调蓄、利用大气降水，并合理调控地下水位，以增加作物对地下水的利用，达到大面积均衡增产。

改土是创造稳产、高产的基础，其实质是改善土壤的理化性质，调控土壤的水、肥、气、热、盐，提高土壤肥力。灌溉、排水和增施有机肥料是改土的关键措施，而调整农业结构是解决有机肥源的有效途径。在保证粮食作物产量稳定增长的前提下，适当扩大种植棉花等经济作物以及豆科作物、绿肥和牧草，妥善解决“三料”关系，实现秸秆还田，增加有机肥源。发展畜牧业以提高农家肥质量。在此基础上，建立粗（农家有机肥）、绿（肥）、氮、磷（化肥）相结合的配套技术，培肥地力，改良土壤。

2.旱涝碱综合治理规划和实验区建设

（1）旱涝碱综合治理规划　旱涝碱综合治理规划的原则是：工程措施和生物措施相结合，改良和利用相结合，实现农、林、牧、副、渔全面发展。联合运用地面水和地下水，合理调节使用水资源，创造有利的水盐均衡条件。采取以排为基础、深浅沟配套，井灌井排、以井保丰，深渠引黄、灌水洗盐，形成沟、井、渠相结合的排灌系统。因地制宜地合理种植，发展绿肥、林网、畜牧业，建立生物改良体系。

在排水方面，首先建立以排涝、防渍、防治盐碱为目的明沟排水工程。干支沟断面达5年一遇的排涝标准，即三日连续降雨166毫米不成灾，深度考虑防治盐碱要求，须大于3米；田间斗沟深2.5～3米，间距1000米左右；农沟深1.5～2米，间距250米左右；毛

沟深0.5米，间距50米左右。其次，要积极开发地下水，发展井灌井排，提高抗旱、排涝、治碱能力。第三，试用暗管排水，加快防涪、治碱的速度。第四，大力推行生物排水和生物护坡。在沟、渠、路旁植树形成林网，沟口及上半坡栽条子、插柳橙等，保护排水沟坡，提高排水效益。

在灌溉方面，首先要利用现有的引黄条件，包括从黄河故道水库引水，建立完善的引黄灌排工程，灌排分设，深渠提灌（一般在斗渠上提灌），引水斗渠进出口设闸门控制，做到速灌速排，科学引黄。第二，要积极发展井灌，以灌带排，以井保丰，走井渠结合的道路。由于引黄水源不足，引黄无水源时用井，汛前和汛期（一般从6月中旬到9月底）应停止引黄，采用井灌，以降低地下水位，提高土壤容蓄能力，达到抗旱、防涝、防涪、加速脱盐的目的。第三，粘土地逐步发展喷灌，补表墒不足，适时播种。

在生物改良方面，首先采取有机肥、绿肥、化肥结合使用，快速提高土壤肥力。在人少地多的地方，实行一麦一肥（麦收后种夏绿肥）或一棉一肥种植制度（棉田种冬绿肥）。第二，积极发展大豆、油菜、芝麻和花生，以油促粮。第三，因地制宜，合理种植。在盐碱地大力推广营养钵育苗种棉花。涝碱洼地创造水肥条件，适当发展水稻。常年积水洼地发展芦苇、蒲草、养鱼、种藕，改良与利用相结合。第四，积极植树造林。乔木以杨、柳、刺槐为主，条子以紫穗槐、簸箕柳为主，达到生物排水和生物护坡，调节小气候，减少地面蒸发和增加肥源的目的。第五，积极发展牛、猪、羊等畜牧业，以增加畜力和肥源。

（2）实验区的建设　商丘实验区是分阶段由点到面逐步发展起来的。在第一阶段（1978年冬至1982年春），根据旱涝碱综合治理规划，1978年冬开始以李庄、朱楼、沈集三个村为主，建立了中心实验区，土地面积13平方公里。经过三年建设，已开挖田间斗、农沟55条，新打机井47眼，配套10眼，新建桥29座，闸6座，涵管50处，毛排出水口建水簸箕800处。修建机耕路、生产路30条，植树近10万棵，压条子2万多穴。建设明沟与暗管相结合的排水试验区800亩。中心实验区的排、灌、路、林工程已基本建成，改变了生产条件。在大搞农田基本建设的同时，推广田菁，柽麻等绿肥3千多亩，涝洼盐碱地试种水稻200亩，均获得了一定成效。

在实验区发展的第二阶段（1982年～1985年），根据旱涝碱综合治理规划，1981年冬，以刘集、高楼、沈楼三个村为主，建设了井灌井排试验区，土地面积3平方公里。经过三年的建设，新建机井22眼并全部配套，新挖和清淤支、斗、农沟10条，新建桥8座，涵管14处，路、沟基本绿化，综合治理效果显著。在第一阶段基础上，中心试验区亦得到巩固提高，并向整个商丘实验区和商丘县36万亩项目治理区推广应用，取得更大的综合治理效益。

3.刘集井灌井排试验区旱涝盐碱综合治理措施

刘集试验区位于古黄河大堤南侧，属古黄河背河洼地重盐渍化类型区，面积约3平方公里，耕地约3000亩。治理前盐渍土占全试区面积的80%以上，表土5厘米含盐量达0.5～1.3%，耕层土壤含盐量0.3～0.5%，地下水埋深仅1.0米左右，涝和盐碱是发展农业生产的主要障碍。对古黄河背河洼地浅层地下水动态和半承压水特征的研究表明，除气候、地貌、土壤等一般因素外，古黄河滩地的侧渗和越流补给是造成古黄河背河洼地涪涝、盐碱灾害严重的主要因素。刘集试验区采取井灌井排、浅沟排涝、扩种棉花等综

合技术措施，综合治理效果和生态、经济效益显著。刘集试验区的试验研究和生产实践表明：为了汛期迅速排除地面积水和在春、秋返盐季节有效控制地下水位，单靠水平排水或者竖井排水都是难以奏效的。而浅井和浅明沟相结合的排灌技术系统发挥了除涝、防渍、灌溉和减压、截渗、调控地下水位的综合治理作用，是古黄河背河洼地类型区有效的排灌方式。

(1) 井灌井排具有减压、截渗和调控地下水位等作用

①减压作用。抽水试验表明：当抽水一日时，距井200～300米范围内，承压水位均变为负压；当抽水时间延续到4日时，负压范围可扩展到600米以外，最大负压值为2～1.5米，相应的潜水位下降0.29～0.08米。

②截渗作用。高滩地对背河洼地的侧渗补给主要是通过半承压含水层对潜水层的越流补给，其次是对潜水层的直接补给。布置在近大堤的井群抽水时，对越流补给水具有较大的截渗效果。三日抽水试验结果表明，浅井的截渗影响范围达400～500米，地下水降深1.6～0.35米。

③调控区域地下水位，改变地下水动态。大面积开采地下水，既充分利用了地下水资源，又使区域地下水位得到合理调控。1983～1984年2～5月，民权县人和乡基线井地下水动态资料表明：古黄河背河洼地群井抽水灌溉50天左右，开采模数为2～3万立米／平方公里，地下水位下降0.9～1.4米，临背河洼地500米范围内滩地地下水位亦下降0.2～1.2米。这样既能控制春季土壤返盐，又创造了土壤淋洗脱盐条件，还可为汛期腾空土壤蓄水库容，增加降雨入渗，以减轻涝、渍灾害。汛期后的灌溉开采降低了地下水位，为抑制秋、冬季和次年春季土壤返盐创造了有利条件。通过井灌井排，古黄河背河洼地的地下水动态，由“降雨、越流补给-蒸发”型变为“降雨、开采-蒸发”型，使地下水动态由恶性循环向良性循环方向转化。

(2) 适宜的井型和滤料的粒度　通过对不同井型结构抽水试验表明：地处古黄河背河洼地的刘集试区，在浅层地下水具有明显的顶托补给和粘土履盖层滞后作用较强的条件下，以混合开采的异骨料井型为最佳。这就为古黄河背河洼地以粉细砂含水层为主的贫水区优选出一种井型结构，既能提高单井出水量和降低半承压水头，又可较快地降低潜水位。异骨料混合井的结构形式除上部5～6米为实管外，其余均为滤水管。在井深等基本条件相同的情况下，由于异骨料井能同时开采半承压水和上部潜水，因此比常用的承压井型单井出水量增加10～20%。经连续三日抽水，距抽水井50米处地下水位降深可提高4倍，地下水位降深的影响范围增加3倍。

针对目前生产中井淤比较严重的问题，采取室内外相结合的试验方法，重点研究在古黄河背河洼地粉细砂含水层地区，合理加大滤料粒度和改进滤水管结构。粉细砂含水层骨料粒径为6～8毫米，滤料倍比系数为17～19。细砂含水层骨料为8～10毫米，倍比系数为15～17。在成井时允许砂层中粉粒部分进井（保持砂层骨架在60%以上），然后通过洗井排出，达到成井要求。据测定，混合井的水跃值为20～40厘米，井管阻力减少70～80%。在商丘县水池铺乡进行中间试验结果表明，改进后的无砂混凝土滤水结构，由于改善了进水条件，提高单井出水量20%以上，井灌井排效果较好。同时减少了滤水管的物理和化学堵塞，防止了井淤，延长了井的使用寿命。

(3) 建设浅井和浅明沟相结合的排水灌溉系统　由于黄淮海平原受暖温带季风气

候影响，降水量时空分配极不均匀，古黄河背河洼地如遇降水强度较大和连续降水，就极易发生涝渍灾害。根据商丘县历年气象资料，汛期旬降水量大于150毫米或两旬降水量大于250～400毫米就发生雨涝灾害，平均每两年左右就发生一次。井灌井排虽能加强地下水的垂直交替运动，表土盐分得以淋洗，但不能排除地面积涝，盐分也不易排出土体。因此，井灌井排区必须辅以明沟排水系统，才能起到排涝、防渍和排出土体盐分的作用。但井灌井排区的明沟排水工程标准可低于单用明沟排水区，既减少占地，又节省资金、劳力，还减轻塌坡养护工作。有明沟的地下水下降速度增加53%，雨后1～6日，地下水可降至0.5～1.0米以下，可满足作物抗渍深度要求（见图5-1）。

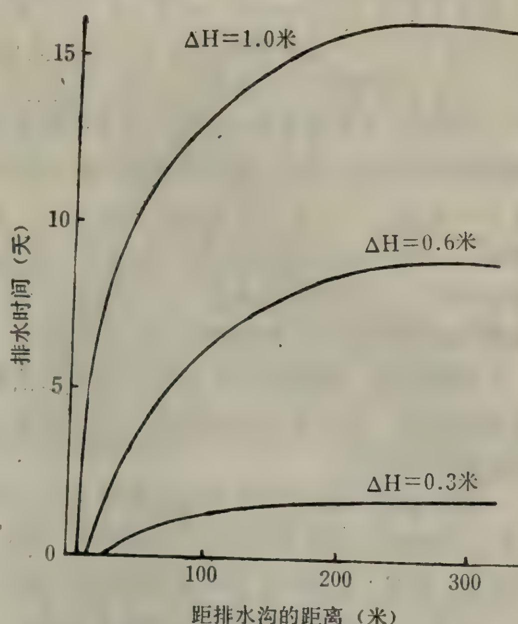


图5-1　明沟的除涝排水作用（1979.7—8）

浅机井、浅明沟灌排体系，以达到五年一遇的排涝标准和一般年度地下水埋深调控范围在1～3.5米内（防盐允许深度2～2.5米，汛前合理深度3.5～4米，作物防渍深度0.6～1.0米）为设计标准。其各项工程规格为：斗沟间距1000米左右，沟深1.7～2.0米；农沟间距250～300米，沟深1.2～1.5米；毛沟（渠）间距50米，沟深0.5米。井的布局采用干扰井布置法，井距250～300米。

（4）调整种植业结构，推行盐碱植棉技术　在工程建设的同时，对刘集试区的农业结构也进行了调整。根据背河洼地的特点，在保证一定粮食作物种植面积的前提下扩大发展棉花，基本是粮棉各半。充分发挥棉花的耐盐碱优势，对原有品种的多、乱、杂更新换种，采用开沟集中施肥、营养钵育苗以及地膜覆盖等盐碱地植棉技术，挖掘了盐碱地的增产潜力，取得了明显的经济效益。

刘集大队治理前的1980年，粮食平均单产仅100公斤，到1984年粮食平均单产达243.5公斤。总产由1980年的17.88万公斤提高到1984年的38.98万公斤。1980年棉花总产为0.75万公斤，1984年增加到7.9万公斤。人均收入由1980年的76元，到1984年增加到521元。

4.李庄中心试验区综合治理技术体系

李庄中心试验区位于商丘实验区南部，属决口扇形地和微倾斜平地斑状盐碱化类型区。在1978～1982年排灌工程基本配套和初步治理的基础上，1983年以来，针对产量不高、农业结构不够合理、水资源不足等情况，在巩固健全明沟、机井灌排工程系统和充分发挥效益的同时，以节水、省地、增产为核心进行了综合治理技术体系的研究。这个体系的基本内容和结构是以明排为主，沟、井、管相结合的排水系统。灌溉水源是开采地下水和引黄、坑塘水库蓄水相结合。井灌采用地下管道输水、软管灌溉系统，把提高灌溉效率和旱地农业增产技术相结合，建立节水型高产农业。

（1）灌排分设，健全排水系统

①灌排合一和灌排分设对地下水动态的影响　治理前全试验区地下水埋深1～1.5米的范围占全区总面积62%，地下水1.5～2米的占9%，2～2.5米的20%；中心试验区1.0～1.5米和1.5～2米的范围各占中心实验区总面积的50%。由此可见，在灌排合一条件下，引黄灌溉期间，大部都上升到1.5米以上。

1978年8月降雨量111毫米，地下水位急剧上升，全试验区地下水埋深0.5～1米的范围占全区总面积52%，地下水埋深1～1.5米和1.5～2.0米的范围各占22%。中心实验区地下水埋深0.5～1米的范围增加到68.5%，其余基本上在1.5米以上。地下水位回落亦较慢，一个月后，即9月21日，全区地下水埋深1～1.5米占50%，1.5～2米和2～2.5米各占20%左右。中心实验区1.5～2米占31%，2～2.5占68%，回落速度较全区快，其主要原因是沟渠较多，在汛期仍起排水除涝作用。

由此可见，灌排合一条件下，引黄和汛期地下水补给量较大，排水作用小，使地下水埋深很浅，长期处于临界深度以上，涝渍灾害严重，在强烈的蒸发影响下，加剧了土壤盐碱化的发展。

治理后全实验区地下水埋深局部地区达到地表，0～1米的范围占全区总面积的4%，1～1.5米的占35%，其余都在1.5米以下。而中心实验区地下水埋深都在1米以下，其中1～1.5米的范围占总面积6.8%，较全区减少28%，1.5～2米的占93%，比全区增加了52%。

在中心试验区，灌排合一和灌排分设，地下水动态亦有较明显的差异。如1980年2月地下水埋深1～1.5米的面积较1978年2月减少43.5%，而1.5～2米的面积却增加了43.68%（见表5-1）。

表5-1　治理前后中心实验区地下水埋深比较

地下水埋深（米）	1978年2月1日		1980年2月1日	
	面　积（平方公里）	占总面积的百分数（%）	面　积（平方公里）	占总面积的百分数（%）
1.0～1.5	5.96	50.34	0.8	6.76
1.5～2.0	5.88	49.66	11.04	93.24

1978年和1980年的8月，降雨量分别为111和127毫米。在降雨量基本相同的情况下，中心实验区因灌排工程布局的不同，同期地下水埋深却有明显的差异。灌排合一时期的1978年8月地下水埋深均在1.5～2米以上，灌排分设时期的1980年8月却在1.5～2米以下。由此可见，灌排分设增强了排水能力，减少了地面径流对地下水的补给，减轻了涝灾。

1979年是实验区遭遇特大涝灾的一年，全年降雨量达960毫米（汛期雨量达676毫米），比1978年多313毫米（汛期多271毫米），在初步建立灌排分设才一年的中心实验区，就经受了严峻的考验。中心实验区1979年年平均地下水位与1978年相比，一般下降0.1米左右，非治理区普遍上升0.2～0.5米。1979年早春地下水埋深基本上大于2米，比1978年同期一般降低0.5米左右。中心实验区1978年汛期地下水埋深为0.3～0.8米，汛期雨后数日内地面仍有积水，近万亩耕地几乎全部遭受涝渍灾害。1979年汛期地下水埋深为0.3～1.2米，汛期雨后一般三小时内地面水可排完，地下水回落亦较快，受涝渍灾害面积不足千亩。实验区1979年秋季比1979年减产60万公斤。可是，历年遭受灾害严重的中心实验区，1979年秋季比1978年增产2万余公斤。

②健全排水系统，提高除涝能力。包河是实验区的骨干排水河道，1978年疏竣前的河道深度2.1～2.3米，据观测，距包河400米处地下水位平均下降速度仅1.1厘米／天。

而且在河道建有节制闸蓄水灌溉，这样不仅降低了除涝排水标准，而且对包河两侧地下水位也有很大影响。1977年春季开始蓄水，到了雨季，包河两侧地下水位迅速提高接近地表，渍涝严重。经过疏浚治理，河道加深到3.1～4米，而且不再落闸蓄水，从几年来的观测资料看出，包河疏浚加深后对降低两岸的地下水位起了较大作用。包河单侧影响范围可达1.5公里左右，强烈影响范围1.0公里，疏浚包河为提高排涝、排盐和田间排水标准打下了基础。

李庄中心实验区的田间灌排工程均已配套。田间农沟主要是满足除涝防渍要求，干、支（斗）沟主要是控制地下水位。据观测，农沟深1.5米，间距270米，支（斗）沟深1.7米，间距410米的排水地段，在1979年汛期大雨后，地下水位接近地表时，雨后以0.15～0.2米／天的回落速度下降，3～4天可回落到0.6米。距沟20米处可回落到1米以下，距沟51米处可回落到0.7米，距沟110～196米处回落到0.6米，皆可满足玉米、棉花等作物的抗渍深度。7～9天全部排水地段均可回落到1米以下，地下水埋深回落到1.5米时需22～28天，回落到2米左右则需两个多月，下降缓慢，日平均回落速度仅0.8厘米。由此可见，深度小于1.7米的明沟排水系统，起不到排除埋深为1.5米地下水的作用。但在1979年大涝之年，汛期降雨670毫米基本未受淹，可满足三日降雨166毫米不受淹，五年一遇以上的排水标准。深度1.7米的支（斗）沟，在1979年7月降雨365毫米时，其单侧影响范围为200米，为沟深的117倍。沟深2.0米的单侧影响范围为250米左右，约为沟深的125倍。

中心试验区明沟排水系统由干、支（斗）、农、毛四级构成：包河（干沟）深3.1～4米；支沟深2.5～3.0米，间距1000米；农沟深1.5～2.0米，间距250米；毛沟深0.5米，间距50米。可满足5年以上一遇除涝防渍要求和一般水文年的排水排盐要求。但遇丰水年连续降雨时，由于粉砂壤土排水性能差（给水度0.01～0.03），排水速度达不到排水要求，根据1985年雨型情况，部分地区发生渍害。因此应辅以井灌井排或暗管排水，以满足控制地下水位和排水排盐要求。

③汛期前停止引黄和进行井灌。实验区1978年春季引黄时间长达百天，直到汛期才停止。而1979年于汛前6月24日就停止引黄灌溉，7月1日地下水埋深为1.25～1.96米，与1978年同期比较地下水埋深下降约0.7米。由于增加了土壤蓄水库容，1979年涝渍面积大幅度减少。

1980年3～6月，宋楼生产队的两眼机井抽水量2.4万方，浇地300亩，据大雨前（7月21日）观测地下水埋深为2.0～2.2米。而没有抽水灌溉的同期地下水埋深为1.90米。7月底大雨后，地下水位普遍上升，雨后5天即8月6日的观测结果表明，汛前抽过水的地区地下水位下降幅度较大为0.3米，而未抽过水的地区地下水位下降幅度较小仅0.1米。由此可见，汛前抽水灌溉能增大地下库容，大雨后地下水下降速度快，幅度大，对除涝防渍有一定作用。

（2）暗管排水技术　明沟排水是黄淮海平原的主要排水形式。但明沟排水占地多、桥涵建筑物多，且易塌坡，难以养护。暗管排水则可避免上述问题。但它具有投资大、施工技术高、费工多和清淤困难等问题。近年来由于暗管埋设机和波纹塑料管的出现，暗管排水在国外得到迅速发展，国内也正在试制研究并取得了初步成效。

①暗管排水机械施工。1981年，在李庄中心试验区的张大庄重盐碱地上，利用国产暗管埋设机和波纹塑料管建设了一个面积为800亩的暗管排水试验区，重点研究暗管排

水机械施工。

原中国农业机械研究院研制的IKP-220型开沟铺管机在没有履带式输送滤料设备的条件下，采用化肥袋装滤料，人工轮流向滤料斗填料的方法，保证了管底铺设一定厚度滤料的要求，从而提高了暗管的排水作用和防淤能力，在这一点上它优于从荷兰引进的S-90型挖沟铺管机。另外，与引进机比，还具有造价低（4万：38万元）需用马力小（75：170马力）和铺管深度大（2.2米：1.8米）等优点。但效率比较低（160米／小时：400米／小时）。总之，它是比较适合我国国情的机型。

IKP-100型开沟铺管机开沟深度为1.2米，牵引力为12马力，造价0.6万元。试区采用人工开挖一定深度（0.4～0.6米）表土的办法，将该机下落在按设计坡度开挖的运行道中，从而加深了暗管埋设深度。用此方法进行了第Ⅱ试区埋深1.6米暗管的施工，质量良好，与第Ⅰ试区埋深1.2米暗管的施工相比较，平均每米暗管仅增加人工挖土费0.3元，增加用工0.25个工日，其他费用基本相同。这是暗管排水施工的一种尝试。

为了清除暗管中淤积的泥沙，国外采用拖拉机输送轴带动水泵以压力水冲洗，水的压力为80～100个大气压，低压设备为20个大气压。这套设备马力大，需要耐压软管，投资大，国内尚无这种设备。试区试用商丘市第二塑料厂生产的一吋塑料管，管头上加一个直径为6厘米的木质梭形喷咀，经过反复试验，摸索了一套可行的暗管清淤方法。一般4～5个人，6～8小时能清洗暗管240米。如果暗管中泥沙较少，一小时能清淤120米以上。这是一个简便易行，花钱较少的清淤方法。

②1983～1985年间，主要开展了暗排裹滤料的室内试验、经济效益分析和暗排试验区除涝治碱效果等方面的试验研究。

A.暗排效果。降低地下水位的作用明显。地下水平均下降速度，有暗排的排水地段为3～4厘米／天，比无暗排的1.3～1.5厘米／天快一倍多，排水排盐效果好。据1984年二个排水时段，共计68天排水观测，总排水量4424立米，平均每亩地排水11.1立米，总排盐量6.2吨，平均每亩地排盐15.6公斤。一米土体及耕层土壤盐分含量绝大部分稳定在0.1%以下。

B.粉砂壤土区暗排铺放裹料是显著提高排水效果的有效措施。据暗排试区资料，全包裹料的比不包裹料的排水流量大1～1.6倍，比半包裹料的一般大1倍左右。据室内试验有裹层比无裹层的排水流量可增大2～4倍。

C.暗排裹料采用炉灰渣是可行的，稻壳是不可取的。暗管排水由于一次性投资较大，从我国目前各地暗排工程投资情况看，一般亩投资在18～85元，而且价格还在不断上涨。据李庄暗排试区资料，裹滤料投资占整个暗排工程投资42—48%，其中裹料投资又占裹滤料投资的60%左右。因此，降低裹滤料投资是我国发展暗排的重要课题，而就地选用廉价裹滤料是降低造价的有效途径。农田灌溉研究所把工业烧煤后的炉渣作为裹料而进行的室内试验结果表明，通过裹层设计准则的衡量基本上是符合要求的，炉渣泡水后对颗粒粒径及渗透性能测定并无恶化现象，干湿交替下的排水流量与砂砾相比也无恶化现象；经济比较，价格最低。因此，炉渣作为暗排裹料是可行的。而稻壳在干湿交替下易变黑腐烂，降低渗透性能，产生粘液状物质堵塞管壁，排水流量随时间推移严重递减。因此，稻壳在我国北方作为暗排裹料是不可取的。

（3）井、渠、管结合抗旱增产　实验区渠灌用水来自利用黄河故道在郑阁建闸蓄

水而成的郑阁水库。最大库容2700万立米，正常蓄水达1500万立米，引黄灌溉面积5万余亩。自1975年引黄灌溉以来小麦增产效果明显，由引黄前亩产56.5公斤提到117.5公斤。持续正常引黄灌溉至1979年，1980年引黄水量减少，郑阁水库仍放水910万立米。利用1976年修建的坑塘水库蓄水灌溉农田2.35万亩，小麦单产125.5公斤／亩。其中坑塘水库控制的李庄和南街大队，几年来抗旱增产的效果尤为显著，1981年李庄大队小麦平均亩产达218公斤。

坑塘水库对两侧地下水动态产生一定影响。当蓄水深1.3～1.5米时，对沿地下水流向的南侧影响范围可达750米，对逆地下水流向的北侧影响较小；当水深为2.5米时，对两侧地下水补给较快，可使地下水位抬高0.2～0.6米，其影响范围可达1100～1300米。

自1980年以来，引黄水量减少，采取井渠结合方式发展灌溉。1981年实验区共开动机井192眼，地下水开采量达74.57万立米，实灌农田1.07万亩。中心试验区开采地下水15.66万立米，实灌农田2424亩。由于井灌，地下水位有明显的下降趋势，在1980年和1981年的4、5、6三个月的井灌时期，地下水位较1979年同期地下水位低0.5～1米，对汛期防涝、防渍、防盐起到了重要作用，同时也获得了抗旱增产的效果。1981年大旱之年，中心实验区粮食总产206.65公万斤，较1979年增产36.65万公斤。

本区目前地下水合理开采模数为3万方／年·平方公里左右，李庄坑塘水库蓄水能力为400万立方米，郑阁水库可能放水能力为900万立方米左右，湿润年基本能满足灌溉要求。但干旱年，尤其连续干旱，水库水源无保证，灌溉面积只占60%左右。因此，1984年建立管道输水灌溉系统1100亩，井灌采用地下塑料管输水和地面塑料软管灌溉的系统，与地面灌水方法相比，能提高灌水效率和节水节能1倍以上，扩大了灌溉面积。

（4）调整作物种植结构　因时因地调整作物结构是花钱少、收益大，从内涵有效地发展农业生产的技术经济措施。1981年开始，试验区李庄调整作物结构的主要措施是主攻小麦，提高亩产，在增加总产量的前提下，减少粮食播种面积。在水肥条件较好的耕地种小麦，小麦从1979年占粮食总播种面积的43%，到1983年增加到52%。而粮食总面积却减少373亩。由于集中投资，加强管理，小麦亩产和播种面积同步增长，1983年小麦产量占粮食总产量的62.8%，促进了粮食大幅度增产，为作物结构调整创造了条件。1980年推广开沟集中施肥、营养钵育苗盐碱地植棉技术，棉花在经济作物播种面积中的比重由1979年的62%增加到1983年的75%，在作物结构中经济作物占总播种面积的比重提高到25.5%，其中棉花占18%，仅次于小麦和玉米。1983年棉花亩净收入高达268元，棉花收入占全大队农业总收入的46%，调整作物结构取得了明显的经济效益。全大队农业总收入1983年比1980年增长97%，将近翻一番，人均分配值310元，人均口粮420公斤，还向国家售粮13.5万公斤，农产品商品率提高到44%。到1990年，为了充分发挥李庄大队邻近商丘市的社会经济条件的优势，在作物结构调整方面，应以发展蔬菜专业化生产为主。粮经比例由1983年的7.9：2.1调整到1990年的6.3：3.7，商品率由44%增加到65%，经济效益提高一倍。同时林、牧、工副业将以更快的速度发展，占五业总收入的比重由1983年的9%增加到26%。

5.培肥改土

商丘实验区在建立排灌系统的基础上，平整土地，采取农家肥、绿肥、氮磷化肥相结合培肥土壤，改良盐碱地。平整土地是发挥灌排效果和改良土壤的基础，实验区利用

机械和人力，平整土地1.5万亩。培肥土壤需要调整农业结构，发展畜牧业和林业，广辟肥源，提高农家肥质量。在中、重度盐碱地上，种植绿肥。磷肥由不施到亩施50公斤左右，氮肥由亩施35公斤增至67.5公斤。土壤肥力有所提高，盐碱地面积逐年缩小，盐碱程度逐渐减轻。

黄淮海平原盐碱地的土质以粉砂壤土较多，易积盐和受涫，不利于排水和脱盐。因此，粉砂壤土物理性质和改良途径的研究是黄淮海平原旱涝碱综合治理的一项基础工作。粉砂壤土的牛皮碱和黑卤土都属致密状微结构类型。微结构内有明显的层理性，这种水平状微结构，特别是粘土层的存在，不利于水盐的垂直运行，一定程度上影响了土壤水分蒸发。它以细粉砂为主，且呈无结构的单粒状态，未见有团聚体的形成，接触紧密，孔隙很小，不利于通气和水分的渗透，排水性能差。粉砂壤土的中、高肥土都属不同程度发育有微团聚体的微结构类型。中肥土是初步发育的不稳定微团聚体的微结构，在土壤通气性和透水性方面有一定的改善；高肥土是发育有微团聚体的多孔隙微结构，未见层理性，在土壤通气性和蓄水、透水性方面有明显的改善。由此可见，改善粉砂壤土的不良物理性质应以有机途径为主，采取增施有机肥料和耕作等措施，改善粉砂壤土的结构，以减轻土壤蒸发强度和减少土壤积盐。

6.旱作农业增产技术

商丘实验区旱作农业条件和我国东北、西北相比具有下列优势：一是雨量较充沛，年平均降雨量700毫米左右，比东北和西北多200～400毫米。二是地下水埋深较浅（2～4米），水质较好，既可供作物直接吸收，又可利用浅层淡水进行抗旱灌溉。三是光热资源丰富，无霜期长，可满足一年两熟作物的要求，复种指数高。四是生产潜力大。按光、热、水的理论生产力，小麦、夏玉米、棉花单产可分别达到386.5公斤，344.5公斤和142.5公斤（皮棉）。据1984年统计，实验区粮食年亩产达350公斤，每毫米降水可生产0.5公斤粮食，属于高产旱作农业区。

在总结当地旱作农业增产经验的基础上，围绕有利于保持和利用天然降水、地下水和提高水的生产效率这个核心问题，采取合理调整旱农结构；广辟肥源，以肥养地，提高土壤涵蓄能力；引进和筛选适雨、耐旱高产作物和品种；精耕细作，蓄水保墒；提取浅层淡水抗旱灌溉等生物和工程措施相结合的旱作农业技术体系。

（1）合理调整旱农种植业结构，改善农业生态环境　调整旱农种植业结构的目标是在非灌溉条件下，通过建立作物种群时间结构和空间立体结构的优化模式，获得最大的生态、经济效益。把常见的10种作物，按其生育期需水量与同时期平均降水量的吻合程度排列次序如下：春花生＞夏棉花＞夏玉米＞春棉花＞夏红薯＞春高粱＞春谷子＞春玉米＞夏大豆＞冬小麦。由此可见，夏播作物的适应性比春播作物强，春播作物又比秋播作物小麦强。又按其生育期降水量占全年降水量的百分率计算，以春棉花最高达80%左右，其它作物皆在56%以上，而冬小麦最低，只有38.5%。在旱作和灌溉面积各占一半的条件下，再按其土地报酬率相比，以春棉花最高，亩纯利润达280～350元，夏棉花次之，为180～230元。冬小麦和夏玉米分别为90～100元和70～100元。因此，旱作农业种植业结构的调整方向应该是：（1）发挥秋收（夏播和春播）作物优势，提高降水利用率。特别是棉花的降水利用率和经济价值皆较高，又适宜旱薄盐碱地种植，还能促进生态环境良性循环，以适当扩大到25%为宜。此外，还应发展需水量与降水条件较吻合的花

生、红薯、谷子以及耐旱又耐涝的高粱等。(2)适当压缩小麦播种面积。目前小麦占播种面积的80%，旱地小麦对降水利用率最低，苗期（10～11月）和扬花灌浆期（4～5月）又易遭旱减产，所以应压缩薄地、碱地小麦和晚茬麦，使小麦播种面积稳定在70%左右为宜。（3）旱作农业复种指数不宜提高太快，以不超过150%为好。特别在旱薄和中度盐碱地上应采取用地和养地相结合的两年三熟制或一麦一草（绿肥、牧草）制，以利于培肥地力。否则，经济效益未必会提高，而生态效益甚至可能出现负值。

（2）筛选抗旱高产作物和优良品种　1982年10月至1985年6月，实验区引进了河南省和全国干旱地区的34个小麦品种进行比较试验，初步筛选出旱地高产品种偃师9号、洛阳7602和豫麦1号，亩产350公斤左右，比对照增产10%以上。旱地中产品种濮阳5号、衡水827、文良一号、CA8129和衡水714等5个品种，比对照增产11～12%。上述冬性品种，耐旱、耐寒能力较强，植株中等（100厘米左右），分蘖力强，成穗数高。啤酒大麦的耐旱、耐盐能力较强，适宜在旱薄盐碱地上种植，经济价值较高。通过品比试验，初步选出78005和恩斯293两个冬大麦品种，分别比对照增产14.9%和10%；麦特23春大麦品种，比对照增产27%以上。

（3）培肥改土，提高土壤涵蓄能力　商丘实验区旱薄地土壤有机质含量为0.5%，含氮量0.05%，速效磷为2～4ppm，速效钾40～60ppm。土壤瘠薄是低产的主要原因之一，我们采取的培肥改土措施是：

①种植绿肥、牧草。1979年开始到现在，在中心实验区张大庄750亩旱薄盐碱地坚持实行一麦一肥种植制度。田菁亩产鲜草1200公斤左右(其氮、磷、钾含量分别为0.52%、0.07%和0.15)，掩青后相当于每亩增加6.24公斤氮，0.84公斤磷和1.8公斤钾。目前土壤有机质含量增加到0.7～0.9%，全氮量0.0782%，速效磷4ppm以上，速效钾67ppm。盐碱地得到改良，小麦由1981年亩产140公斤，提高到1985年亩产310公斤，增产121.4%。

②扩种棉花，发展畜牧业，广开肥源，提高农家肥质量。按中产水平，每亩棉田可产皮棉60公斤，棉柴240公斤，棉籽84公斤，棉籽油18公斤。棉柴可供五口人家1～1.5个月的燃料，能腾出大量秸秆饲养家畜或还田肥土，棉籽饼可作饲料过腹还田，这两项相加可增加土壤有机质59公斤，相当于一亩小麦秸秆的还田量。因此，扩种棉花不仅经济效益高，而且对缓和三料矛盾，培肥土壤，促进农业生态系统良性循环都有重要作用。

③1983～1984年小麦施肥试验表明，底施化肥能减少损失，加上底墒足，可促进冬前分蘖，提高成穗率。播麦前每亩施碳铵25公斤为底肥增产效果最好，每斤碳铵可增产小麦2.25公斤，每亩净增值40元。与此同时，每亩再施过磷酸钙30～40公斤或磷酸二铵15公斤，使氮磷比保持1：0.5，比只施氮肥增产15～30%。

1984～1985年，进行了土壤肥力对土壤水分保蓄能力影响的试验。在1984年10月至1985年6月小麦生长期间，耕层厚度都是25厘米的粉砂质粘土，土壤有机质含量1.638%的要比土壤有机质含量1.244%的平均土壤含水率（0～30厘米）高1.4%。

（4）蓄水保墒技术

①深耕蓄水，中耕保墒。1979年以来，每年6月初，在张大庄250亩旱地小麦收获后，用拖拉机深耕30厘米，晒垡加速土壤熟化。6月中旬进入雨季后，乘墒种上田菁和豆科绿肥，蓄水淋盐。8月再用拖拉机，深耕掩青，耙耱保墒，接纳汛期后期雨水，加速绿肥腐解，为小麦播种保蓄充足的土壤水分和养分。据1984年测定，小麦播前一个月

(9月）降水量达80毫米，0～60厘米土壤含水率比对照提高5%左右，相当于每亩多蓄存20立方米雨水。雨后及时耙耱形成5厘米左右的干土层，减少表土蒸发量，使干土层以下到60厘米的土壤含水率增加2%左右。冬前小麦分蘖期和来年春季小麦返青期，当土壤水分在17%以上时，深中耕效果最好，减少土壤蒸发量50%左右，且能破除表土板结，提高温度，有利于小麦根系生长。

②1984～1985年，盐碱地棉花和小麦的地膜、土壤改良剂和麦秸覆盖试验结果表明：以地膜覆盖的增温、保墒和抑制返盐效果最好，地温提高2～3°C，耕层土壤含水率增加2～3%，耕层土壤含盐增加缓慢，比埂上大大减少。而土壤改良剂和麦秸覆盖效果虽然都较差，地温增加<1°C，土壤含水率提高小于1%，但比地膜覆盖成本低，简单易行，适应范围广，可以因地制宜地选择应用。

（5）提取浅层淡水，抗旱灌溉　在没有灌溉设施的旱作农田，应充分利用浅层淡水打压水井。一般10米左右深，管径1～2寸，压水井出水量视动力和提水工具不同而异，手压井和往复式、脚踏式压水井出水量每小时5立米左右，每台20～50元。小马力柴油机或微型泵（2.8瓩电动机）带动的多管真空井，每小时出水量10～20立方米，联接地面软管进行抗旱灌溉。按每小时出水量10立方米计算，每亩浇水20立方米，每天工作10～20小时可浇地5～10亩。每套压水井加机泵需500～600元，投资少，易搬动，适于家庭联产承包制农户使用。

7.调整农业生产结构

为了提高商丘实验区的综合治理质量，在治水改土的基础上，进行了农业结构现状调查和商丘实验区（李庄乡）农业结构调整的研究。

商丘实验区的建设初期，农业结构很不合理，基本上是以粮食作物为主的单一经营的农业结构。主要表现是：（1）重农轻林、牧、副业。1978年实验区农业占总收入的86.32%，林牧副业分别占2%、0.14%和5.2%；（2）重粮食作物，轻经济作物，粮经比为5.77：1；（3）重养猪，轻大牲畜及家禽，平均每户养猪1.8头，而大牲畜平均每4户养1头，饲料、饲草缺少，畜草不平衡，阻碍了畜牧业发展；（4）农、副业商品率低，以出售原料为主，加工业甚少。

1978～1984年为调整农业结构的第一个阶段，主要进行下列调整：

（1）调整粮食作物内部结构，主攻单产，适当扩大冬小麦种植面积　1984年比1978年小麦种植面积增加15.55%，占粮食作物总面积的44.22%，玉米种植面积增加更多，1983比1978年扩大63%，粮食产量大幅度增加。1984年粮食总产达到1841.98万公斤，单产达到228公斤，分别比1978年增加六成和七成。

（2）调整种植业内部结构，主攻经济效益　在实验区推广麦棉套作和麦棉一年两熟制，在盐碱地重点发展棉花。1984年与1978年相比，植棉面积增加2.55倍，占经济作物总面积的88.49%，粮经比调整到2.21：1。1984年皮棉亩产65.5公斤，25亩试验地达到亩产116.5公斤，经济收入大幅度提高。以1984年与1978年相比，实验区农业总收入增加2.16倍，达到1723.46万元，其中棉花收入就占26.2%。1978年人均收入为52.5元，1984年增加到436元。盐碱地植棉不但有较高的经济效益，而且还能改良土壤，取得良好的生态效益。1984年实验区皮棉总产2105.05万公斤，可得棉柴0.84亿公斤，解决了半年以上的燃料，腾出大量谷物秸秆用于发展畜牧业或秸杆还田。所得棉籽饼0.205亿公斤，

相当于0.165亿公斤有机质或3.23万亩中产小麦的秸秆还田量。

（3）按比例发展林业和畜牧业　1978～1984年共植树72.46万株，营造农田林网4万亩耕地，2.5万亩耕地实行农桐间作，按标准四旁植树1.2万亩。1984年林业产值可占农业总产值的6%，大牲畜增加较快，1984年达5642头，为1978年的1.96倍，平均1.5户一头，每头大牲畜负担耕地由1978年的25.9亩下降到13.1亩。猪、羊、鸡亦有较大的发展。

（4）多种经营也有较大发展　1984年开始，发展以农副产品加工为重点的工副业。1984年已有594个企业，收入达到224.9万元，占总收入的13.05%。此外，还出现了丰富多彩的食物链环养殖业，促进了生物能多层次利用，提高了生态和经济效益。

（5）因地制宜种植作物，布局趋向合理　砂碱地小麦面积逐渐减少，83～90%的小麦布局在淤土和二合土上。70～85%的棉花种植在盐碱土和两合土，花生和芝麻主要分布在黄河高滩沙地。

（6）农业生态效益亦向良性演化　实验区能量达到较高的产投比，1983年农田生物学产投比为2.211。同年，有机能和无机能的比值也达到比较合理的1.04。

商丘实验区的农业结构虽然进行了上述调整，特别是在调整种植业内部结构方面有所突破，并已取得初步成效。但尚存在如下主要问题：①五业结构不协调，农业比重依然过大。1978年至1984年间农业收入占总收入的82.92～98.6%，而林牧副业仅占1.4～17.08%。②各业内部也都存在问题。种植业内蔬菜、瓜果和油料等经济作物种植面积很少，林业中经济林发展缓慢；畜牧业中猪、羊尚未达到历史最高水平；以种植业为基础的工副业较薄弱等。③作物布局亦不尽合理。

在实验区调整农业结构第一阶段工作基础上，针对现存主要问题，按照实验区李庄行政村五业结构优化模式以及西董楼村种植业结构优化模型，预测商丘实验区第二阶段（1985～1990年）调整农业结构的主要方向是：

（1）五业结构的调整。1985～1990年期间与1984年相比年平均递增率为15.1%。其中农业收入比重逐渐下降，1990年占总收入的65.08%，林牧副渔各业相应有较大发展，特别选择工副业为突破口，1990年分别占总收入的1.72%、4.2%、27.5%和1.5%。1991～2000年，总收入年平均递增率为7.9%。其中农业收入2000年占总收入的52.6%，其它四业占47.7%，两者比例趋近各半。这是一个合理的方案，不仅显示了种植业的基础地位，而且达到了五业综合协调发展。方案实现后，人均收入1990年为957.12元，2000年可达到1890.11元。

（2）种植业结构的调整。保证粮食生产持续增长，稳定经济作物面积。粮经比1990年为2.35：1，2000年达1.91：1。粮食生产应充分发挥小麦优势，夏秋并重，主攻单产，狠抓品质，提高总产。经济作物因地制宜，适当集中，既要控制棉田面积，又要发挥棉花、油料优势。大力发展蔬菜、瓜果，逐步建立一个符合实验区生态特点的种植业结构和良好的耕作制度。复种指数1990年为173%，2000年达到186%。

（3）林业结构的调整。以育苗为基础，重点发展经济林。提高农田林网标准，建立用材林基地，注重四旁绿化，逐步形成多种形式相结合的农田防护林体系。森林覆盖率由1984年不足11%提高到1990年的20%，2000年达到25%。

农田作物及乔灌木的种群结构，一要推行农、林、果、粮间作，向立体多层空间结构发展，二要调整农作倒茬的时间结构，以最大限度地利用空间资源和自然降水资

源。

（4）畜牧业结构调整。合理利用饲料资源和积极发展优质牧草。大力发展草食动物，重点发展奶肉兼用牛及毛、皮、肉兼用羊。积极发展瘦肉型猪及养禽业，促使畜产品向高档、优质和商品化发展。

实验区经三年引种而获成功的美国籽粒苋，为优质饲、粮、菜三用作物。尤为可贵的是它能在表土含盐量为0.4～0.5%的盐渍土上生长，且适于和小麦一年两熟制栽培。

（5）工副业结构的调整。以种植业和养殖业为基础，加工业为重点，发展地区优势产品，提高农畜副产品的商品率，实现加工增值。此外，应以商业、服务业为补充，并积极发展建筑、建材和运输业。

三、商丘实验区综合治理效果和经济效益

商丘实验区在1978～1982年初步治理和取得一定成效基础上，经过1983～1985年综合治理技术体系的实施，治理效果和经济效益有了进一步提高。实验区的成果在商丘县治理区推广应用后，也取得了成效。尤其经受了1984和1985年两个连续丰水年的考验，夺得了农业生产持续增产，为74万亩治理区提供了成功的技术经验，为进一步扩大经济效益和社会效益奠定了基础。

1.综合治理效果

（1）粮食产量和人均收入大幅度增加　商丘实验区治理前的1978年粮食总产为1148.48万公斤，棉花总产为16.41万公斤。人均收入108元。治理的第一阶段（1978～1982年），平均增长量：粮食14.7万公斤，棉花12万公斤，人均收入14.75元。1983～1984年的平均增长量为：粮食317.35万公斤，棉花73.25万公斤，人均收入134.5元。1983～1984年的年增长量分别相当1978～1982年的20.6倍、5.1倍和8.1倍。1985年达到的产量和收入水平是：粮食总产2165.59万公斤，棉花总产159.07万公斤，人均产粮544.4公斤，人均产棉40公斤，人均收入436元。与1978年相比，粮、棉总产和人均收入分别增加0.9、9.7和3倍。商丘县治理区1984年粮食总产量达到0.875亿公斤，比治理前增加44.5%，总产值增加84.2%，比全县平均值增加59%，人均产值增加80.8%，比全县平均值增加5%，人均收入由161元增加到367元。1985年麦季创历史最高水平，总产达5850万公斤，比治理前增长132.7%，比非项目区高20.3%，在汛期连续降雨情况下，治理区秋粮产量增加18.2%，而非项目区却减产2.8%，充分显示了综合治理技术体系的效果。

（2）提高了排涝能力，基本控制了涝灾　实验区治理前，骨干排水河道包河和东沙河排水标准仅相当三年一遇的50%左右，面上工程配套差，排水不畅，每逢汛期经常发生涝灾害，一般年份受涝面积占耕地的60%左右，大涝年受涝面积达90%以上。1979年和1985年分别完成包河和东沙河整治工程，达五年一遇标准，并进行田间排水工程配套，除涝标准可达十年一遇，提高了排涝能力，基本控制了较大涝灾的发生。在1984年降水量为880毫米，1985年降雨量1057毫米情况下，雨后地面水3～10小时排完，受涝面积减少到10%以下，比治理前减少80%以上。商丘治理区排水工程配套面积已达85%左右。除涝面积由原来的0.5万亩增加到9.7万亩，使涝渍灾害基本得到控制。在1985年商丘地区秋季大涝情况下，商丘治理区受涝面积为4.18万亩，占耕地面积的13%，保证了

93%以上面积适时种麦。而该县非治理区受涝面积53.48万亩，占耕地面积的46.7%，适时种麦面积仅44%。商丘地区根据实验区和商丘治理区的经验，正在进行排水工程配套的建设。

(3) 提高了抗旱能力，增加了作物产量　治理前实验区灌溉水源主要靠引黄，水源无保证，一般灌溉面积约万亩左右。治理后结合排水治碱要求，以开采浅层地下水作为灌溉的主要水源，结合引黄，从而提高了抗旱能力。目前实验区已有机井564眼，保浇面积达4万亩左右，经受了1981年干旱年（降雨量392毫米）的考验，夺得了丰收。商丘县治理区，治理前有机井2370眼，配套井仅1841眼，保浇面积9.5万亩。治理后新打机井731眼，新老机井配套914眼。有效灌溉面积由原来的16.7万亩，增加到24.2万亩，增加灌溉面积7.5万亩，提高了抗旱能力。

(4) 地下水位普遍下降和地下水淡化比较明显　由于地下水开采和除涝排水能力的提高，地下水位有较大的下降。根据1982～1984年地下水开采量的统计，实验区每年开采量为149～286万方。商丘县治理区1448～2325万方，一般开采模数为2～5万方／年·平方公里。丰水年春季地下水埋深可控制在2～2.5米，干旱年下降到3米以下，汛期前地下水埋深3～5米，满足了排水治碱要求。根据1978～1984年地下水位资料统计，春季地下水埋深1984年比1978年普遍下降1～1.5米，比1982年下降0.1～0.5米，承压水头亦有所降低。1984年因汛期降雨量较大，1985年为连续丰水年，开采量较小，后期地下水位比往年有所上升。

治理前的1976年，地下水矿化度1～1.5克／升的面积占实验区总面积的75.8%，实验区中间地带地下水矿化度1.5～3克／升的面积占总面积的6.3%，两侧地下水矿化度小于1克／升的占总面积的17.8%。治理后的1980年12月到1981年元月，地下水矿化度小于1克/升的面积占实验区总面积的54.3%比1979年的面积增加36.6%，地下水有了比较明显的淡化。淡化区分布于古黄河大堤以南和骨干排水河道的两侧，其原因主要是由于堤南开挖截渗沟和包河疏竣后，提高了排水排盐作用。实验区中间地带的地下水矿化度变化较小，仍大于2克／升（见表5-2）。

表5-2　地下水矿化度表

年　份	矿化度（克／升）	面　积（平方公里）	占总面积（%）
1976	<1	14.36	17.76
	1～1.5	61.28	75.8
	1.5～3	5.2	6.3
1980	<1	43.92	54.33
	1～2	32.12	39.73
	>2	4.8	5.94

(5) 土壤盐分降低，盐碱地面积缩小　治理前的1978年，实验区有盐碱耕地2.45万亩，盐碱荒地万余亩。经综合治理和地下水位下降后，盐碱程度逐渐减轻，盐碱荒地全部得到开垦利用。1982年盐碱耕地为1.43万亩，1985年又减少到0.735万亩，约有1.5万亩盐碱耕地改造为良田，占治理前1978年盐碱耕地面积的70%。商丘县治理区1982年盐碱地面积10.16万亩，到1984年减少到8.32万亩，改良土壤1.84万亩。根据实验区土壤盐分定位点资料，中重度盐碱土的改良要经过耕层土壤脱盐和土体脱盐两个阶段。第一阶段需2～3年，为耕层土壤脱盐和利用为主阶段。脱盐深度在20厘米左右，也可达40厘米。土壤含盐量可降到0.2～0.3%以下，脱盐率19～39%，一米土体含盐量基本处于稳定状况。刘集井灌井排试验区处于此阶段。5～6年后进入第二阶段，为土体脱盐阶段。

脱盐深度一米左右，平均脱盐率为11～35%，0～40厘米土壤含盐量可下降到0.1%左右。李庄中心试验区大部分属于此阶段。重盐碱土采用井灌种稻措施，改良效果好，速度快，一般2～3年即可达到土体脱盐。

(6) 土壤肥力有一定提高　粉砂壤土物理性状差，保水保肥能力较差，肥力低，治理前耕层土壤有机质含量在0.3～0.5%之间。治理后在平整土地基础上，采取农家肥、绿肥、氮磷化肥相结合培肥土壤。发展大牲畜提高农家肥质量。磷肥由不施到亩施50公斤左右，氮肥由亩施35公斤增到60公斤。张大庄800亩重盐碱地采取一麦一肥制种植绿肥5年，收到了治碱、改土、增产的效果。根据测定结果，目前耕层有机质含量为0.7～1.0%，丰产田达1～1.2%。

2.综合治理的经济效益

实验区从1978年开始建设以来到1984年止，农业建设项目投资总额为319.33万元，平均每亩投资额为46.62元。其中排灌工程投资为266.44万元，占总投资额的83.44%，平均每亩38.1元。采用静态和动态分析方法，通过六项指标的计算进行经济效益评价。

(1) 建区后的六年期间(1978～1984年)，项目投资已经获得良好的经济效益。静态分析评价结果：每百元投资净增农产品量138.13公斤；每百元投资净增收入25.78元；投资效益系数0.1574；投资回收期6.35年。动态分析评价结果：内部收益率(IRR)47.81；若以5%的标准利率折现，实验区获得净现值（NPV）3051.36万元。

(2) 预测项目投资将发挥更大的经济效益。由于实验区建成时间较短，而工程寿命一般可达15年以上，因此需用预测的方法评价其经济效益。预测结果，自1979～1994年的16年期间，累计净收益达1311.65万元，为投资总额的4.4倍。

(3) 向治理区推广的经济效益预测。商丘实验区综合治理旱涝碱的科研成果，已经在河南省商丘地区引用外资的74万亩治理区逐步推广应用。按上述预测方法，自1985年到2000年的16年间，预测可净增小麦3.257亿公斤，净增收入1.31亿元。

第二节　豫北洪门古黄河背河洼地综合治理

一、洪门治理区的特点

洪门治理区即新乡县洪门乡，位于河南省新乡市东南，西靠引黄人民胜利渠总干，东南为黄河故道大堤（古阳堤）所包围，总土地面积约59平方公里，耕地4.5万亩。据历史资料，远在一千九百年前，这里就是一片盐碱地。1958年引黄人民胜利渠东二灌区开灌，洪门乡采取种稻改碱，因排水条件差，地下水位上升，加重了土壤盐碱化。

洪门治理区的自然条件是：气候属于半湿润暖温带大陆性季风气候区，年平均降雨量约600毫米，年内分配极不均匀，7、8月降雨量平均约占全年降雨量的50%，年际变化亦大，年降雨量最大为1168.4毫米，最小为158.1毫米。

地形地貌：古阳堤上为故黄河滩地，绝大部分面积是古阳堤下的古黄河背河洼地，自西南向东北倾斜，比降约1/3000～1/5000，低于滩地3～4米。微地形岗、坡、洼起伏不平，并有局部封闭和半封闭洼地，排水不畅，涝碱严重。

地下水：背河洼地的地下水径流滞缓，地下水埋深较浅，引黄开灌前年平均埋深在

1.5～2.0米，引黄灌溉种稻期间上升到0.5～0.8米。地下水矿化度一般1～3克／升，东二干渠沿线及其北侧，多为3～5克／升，局部高达10克／升。潜水化学类型多属钠质氯化物一硫酸盐水和硫酸盐重碳酸盐水。

土壤和土壤盐碱化：成土母质为黄河、卫河冲积物，多为轻质壤土，1.5米内多有粘土隔层，其下常出现流沙，影响土壤脱盐和排水沟养护。治理前耕作粗放，土壤瘠薄，也是土壤盐碱化的原因之一。盐碱土类型有：盐化土、盐化一碱化土和碱化土。盐化土主要分布在东二干渠沿岸及其北侧，碱化土主要分布在东孟姜女河沿岸，盐化一碱化土分布在两者之间，为其过渡带。

二、排灌平肥综合措施改良盐碱地的作用

盐碱地改良的目的是要排除土壤中过多的盐分和培肥土壤，使低产变高产，荒地变良田。排盐主要靠排水冲洗等水利措施，培肥则为提高土壤肥力，使之有利于排盐、防盐和农作物生长。因此，必须采取以水肥为中心的综合措施，才能达到改良盐碱地的目的。

黄淮海平原盐碱地的形成与气候、地形地貌、土壤和水文地质等自然因素和人为活动有密切相关。半湿润半干旱季风型气候具有春旱秋涝，旱涝交替，涝碱相随的特征。黄河在历史上频繁泛滥，形成了平原内微地形起伏不平，封闭性洼地较多和岗坡洼相间的地貌特征。地面和地下水径流不畅，地下水位和局部地下水矿化度较高。泛滥沉积物多为粉砂壤土，并夹有胶泥层，其特点是透水性小，释水性弱，毛管性能强，易于积盐而不利于淋盐。这些都是形成土壤盐碱化的决定性条件。同时，盐碱地区洪涝旱碱薄并存，相互制约，要改变障碍农业生产发展的因素，旱要灌、洪涝要排，灌排要平，薄要肥。因此，要进行洪涝旱碱薄综合治理，都必须采取以排灌平肥为基本内容的综合措施。

洪门治理区采用排灌平肥综合措施改良盐碱地，取得了显著成效：粮棉产量不断增长，改变了过去十年九涝的现象，地下水位得到控制，地下水质有所淡化，土壤盐分普遍减轻，基本达到了防治盐碱的要求。

低洼盐碱地区要建立高产稳产农田，首先要解决排水问题，否则涝碱灾害无法消除，其他措施也发挥不了它应有的作用。在1963年大涝后，开始大挖排水工程。在排水基础上不发展灌溉，就不能解决旱和土壤盐分迅速冲洗脱除的矛盾，因此在1965年恢复了引黄灌溉和打井抗旱。为了充分发挥排灌效益，提高土壤肥力，巩固改碱效果，保证增产，必须平整土地和多施有机肥料，故于1965年冬后大搞平地积肥。初步实现了排灌平肥综合措施的1966年，粮棉产量就有了一个飞跃，粮食亩产从治理前的79公斤，增产到203公斤，棉花亩产从10公斤增长到46.5公斤。此后粮棉产量一直稳步增长，1976年后粮食亩产保持在500公斤以上，基本上建成了稳产高产农田。

1.排水

洪门治理区排水的主要任务是除涝和治碱，采取了深浅沟相结合的方法。其排水沟的设计标准和依据，干、支沟过水断面按五年一遇除涝标准，沟深需满足治碱要求，田间沟需满足排涝治碱和防渍的要求。已初步形成一个除涝治碱的五级配套的排水系统，其规格大体是：干沟深度3～4米，支沟深度2.5米左右，斗沟深度1.8米左右，间距500～1000米，农沟深度为1.5米左右，间距300米左右，毛沟深度0.5～1.0米，间距50～100

米。排水系统的建立，使过去十年九涝的现象基本上得到改善，盐碱地也得以治理。

干沟东孟姜女河向卫河排水，1965年疏竣后，沟深3～4米，打通了排水出路，及时排除了古阳堤上高滩区下泄来的客水和洼地的内涝水，改善了地下水径流条件，拦截了古阳堤上潜水对本区的补给，改变了干沟左岸的地下水流向（见图5-2）。区域性地下水位得到控制，邻近排水沟两侧的土壤盐分逐年得到改良。据调查，单侧200～300米范围内的地下水常年控制在2米以下，土壤得到彻底脱盐，在500～600米范围内，土壤盐分有显著减轻，原来成片盐碱地变成零星盐斑，对地下水的影响范围可达1.2公里以上。排出水的矿化度在排涝期间为0.4～0.67克/升，在灌溉洗盐期间为0.8～1.1克/升。

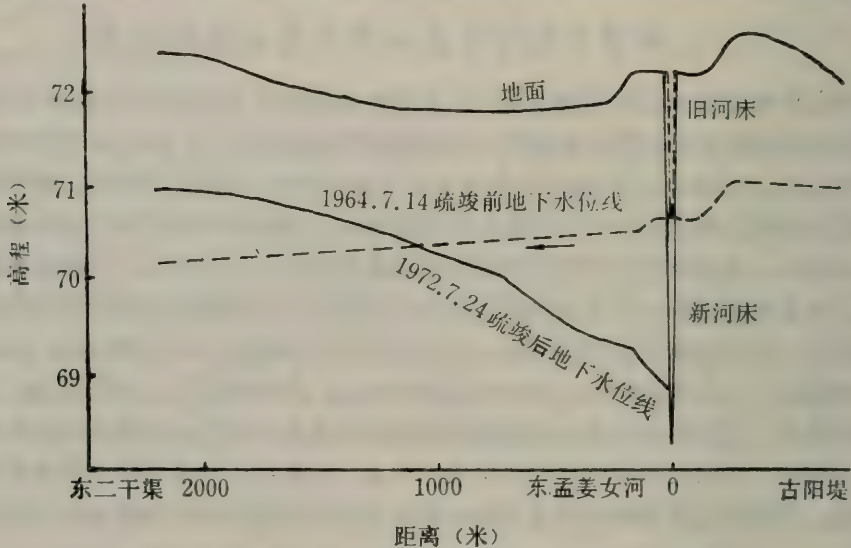


图5-2　东二干渠——古阳堤新封公路北侧基线地下水位线

田间斗、农沟排水效果，据1964年对农沟（沟深1.5米左右，间距300米左右）的观测，在全年降雨为864.1毫米，连续阴雨40天，未发生涝灾。在两次连续降雨214毫米的情况下，农排排水32天，每平方公里排出水量3.57万立米，径流系数为0.167。雨后地下水位降落速度，有排水沟为6.6厘米/昼夜，无排水沟为4.3厘米/昼夜，有排水比无排水的增加53%（见图5-3）。

据1964年观测，排水沟通过盐碱区后，两岸咸水不断排入沟中，排水沟下游断面的水质比上游断面的普遍增加0.3～0.8克/升。在排水的同时排除了大量盐分，据1964年在试验区28天的排水期统计，排出的盐分计有84.8～150.6吨/平方公里。通过雨季，中、重度盐碱土脱盐率耕层为36～53%，一米土体为31～33%。

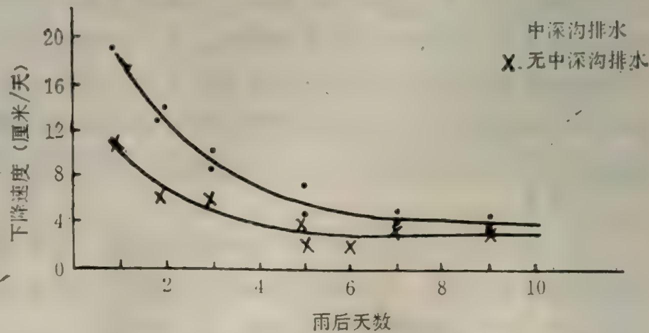


图5-3　排水对地下水下降速度的影响

2.灌溉洗盐

在盐碱地区灌溉的目的之一是冲洗盐碱。洪门治理区自1965年恢复引黄灌溉以来，在排水和平地的基础上，每年春季（2～3月）进行一次大水洗盐。据测定，灌水量在100～120立米/亩，土壤脱盐深度浅，主要是耕层脱盐；灌水量在160～200立米/亩，耕层脱盐率为31.6～72.5%，一米土体脱盐率为31.9～48.5%（见表5-3）。由于春灌,改变了过去非灌溉条件下的春季积盐过程为灌溉脱盐状态。但是，大水灌溉洗盐后，会造成地下水位的急剧抬高，据测定，大水灌溉后地下水埋深可从灌溉前的2.3米抬高到灌溉后小于1米。因此，灌溉洗盐必须具备排水条件，才能起到灌溉脱盐和防止返盐的作用。

表5-3　不同灌水量灌水前后土壤脱盐状况

采土点 / 灌水量(立米/亩) / 盐分(%) / 土层(厘米)	王条Ⅰ		洪新平6		洪北中		洪南		王条Ⅱ	
	100		120		160		160		200	
	含盐量	脱盐率	含盐量	脱盐率	含盐量	脱盐率	含盐量	脱盐率	含盐量	脱盐率
0～20	0.477	14.2	0.542	63.5	1.069	66.8	0.243	72.5	1.391	31.6
20～60	0.194	−49.0	0.201	−32.8	0.725	3.9	0.179	54.8	0.574	6.8
60～100	0.263	40.3	0.264	−7.6	0.351	20.8	0.135	20.0	0.649	55.0
0～100	0.278	6.5	0.301	13.0	0.640	39.7	0.177	48.5	0.767	31.9

治理区在排水基础上，逐年大水洗盐及正常的灌溉压盐，脱盐效果显著，1972年6月比灌溉洗盐前的1964年同期土壤脱盐率耕层（0～20厘米）为55.0～78.1%，一米土层为25.7～64.5%（见表5-4）。随着土壤盐分逐渐脱除，土壤肥力不断提高，粮棉产量逐年上升。

表5-4　灌水洗盐前后土壤盐分变化表

采土点 / 层次(厘米) / 年份	$Ⅰ_{17}$		$Ⅰ_5$		$Ⅰ_8$	
	0～20	0～100	0～20	0～100	0～20	0～100
1964年（灌水前）	0.371	0.244	1.324	0.631	1.053	0.401
1972年（灌水第八年）	0.167	0.142	0.345	0.468	0.277	0.142
脱盐率（%）	55.0	41.7	78.1	25.7	73.5	64.5

大水洗盐时间一般是春季较冬季洗盐为好。一是与春灌相结合，给土壤补墒，有利于小麦生长和春播作物出苗；二是有利于冬季腾出劳力搞农田基本建设；三是土壤有较长的晒垡时间，有利于土壤熟化和脱盐。

为了提高灌水效率和减少返盐，东二干渠和十八斗渠，全长十三公里全部以混凝土板和浆砌块石衬砌，这对防止渠道渗漏及减少干渠泥沙淤积均起到了重要作用。

3.平整土地

平地是加速土壤脱盐、防止返盐和改良盐斑的重要措施，是建设稳产高产田的基础。治理区在平整土地前，地块内的地形高差一般为20～50厘米，因而一遇降雨，低洼

处易积涝成灾，高地则涝后积盐。由于微地形高低不平，灌水不匀，高地旱，洼地淹，二坡地碱，而且对淋洗盐碱的效果不好。十多年来，洪门治理区群众大搞平地四万余亩，平掉盐碱堆1.5万余个，土方近二千万立米，同时扩大耕地面积五千余亩。

盐斑地平地结合冲洗，除特重盐斑外，一般当年即可基本出全苗，获得好收成。土壤盐分有明显脱除，耕层（0～20厘米）由平地前含盐量0.823～1.336%，平地冲洗后为0.198～0.454%，脱盐率为44.8～85.1%，一米土体脱盐率为38.5～66.6%。而未平地冲洗的高地，因灌不上水，表土盐分反而增加。

4.增施有机肥料

培肥土壤是巩固改碱效果，提高产量的根本措施。据1964年调查，洪门治理区盐碱地的土壤肥力很低，中、重度盐化土，有机质含量0.4～0.6%，全氮0.03～0.04%。盐化-碱化土和碱化土更低，有机质仅0.3～0.5%，全氮0.025～0.045%，是该区过去低产和盐重的原因之一。该区在逐步实现有排有灌和平整土地的同时，发展大牲畜、养猪积肥、秸秆还田和发展绿肥等，据1973年调查，洪门乡全年积肥达35万方，平均每亩八方，较1964年每亩二方增加三倍，土壤肥力有所增加。但是肥力的增长是不快的，其原因与长期大水洗盐，土壤肥料被冲洗流失有关。据1977年9月测定，土壤有机质，改好的丰产方为0.72～1.35%，改好的牛皮碱地为0.22～0.43%，而盐斑地仅0.08%。在盐碱地上，增施有机肥料，能促使土壤中钙质活化而加强凝聚作用，改良土壤结构，提高保水保肥能力，减少土壤蒸发，减缓土壤盐分的积累，因而能巩固土壤改良效果。

洪门治理区的生产实践证明，改良盐碱地需采用排灌平肥综合措施。而且，综合措施运用好的，改良盐碱地的成效就快，反之，各种措施脱节，或仅采用某一措施，其改良成效就慢。如公村1971年进行了平地、施肥、灌水压盐，但由于当时排水不畅，1972年仍有返盐，在排水沟疏浚加深后，盐碱地才得以改造。王湾村东北地排水条件差，虽然年年灌水压盐，而土壤盐分反有积累。又如孙庄和西杨村都靠近骨干排水河道，但由于灌水条件不同，脱盐范围也不一样。施肥水平较高的东台头村丰产田灌水压盐后，返盐的现象就很少。这些实例说明，改良盐碱地须要采用综合措施，才能得到较好的改良效果。综合措施下的农排标准，可按地下水允许深度来确定，一般轻质土为1.4～2.6米，这种深度是土壤盐分在周年内基本稳定，而年内轻微积盐，但不影响作物正常生长的地下水埋深，它需建立在平地、灌溉、施肥和精耕细作的基础上，才能满足防止返盐的排水标准。

总之，洪门治理区改良盐碱地的经验证明，排灌平肥综合措施是改良盐碱地的有效途径。

第三节　豫北原武黄河背河洼地综合治理

河南省原阳县原武镇地处黄河北岸，属黄河浸润背河洼地类型区，耕地约3.2万亩。1967年以前，这里习惯种植旱作物，在冬春盐碱、夏秋渍涝的威胁下，虽有土地多的优势，仍摆脱不了贫困落后面貌，一般粮食亩产只有50公斤左右，人均产粮不足250公斤。1967年原阳县兴建了韩董庄穿堤闸，在原武开始引黄试种水稻3000亩，获得成功，以后逐步扩大稻田面积，到1984年，引黄种稻面积已达3.6万亩，折合每人种稻2.8亩。由于

改革了种植制度，合理利用黄河水沙资源进行淤灌改土，农业生产稳步上升，平均年总产量增长率在10%以上。稻改前后粮食产量变化如表5-7所示。从表中可看出，其产量变化基本上可划分三个阶段：1967年以前为第一阶段，由于没有进行引黄淤灌稻改，产量很低，年人均产粮不足200公斤，年年需要国家救济。1968年试种水稻到1978年为产量稳步增长阶段，由吃国家供给转为向国家贡献逐年增加。党的十一届三中全会以后，由于农村贯彻了家庭承包责任制和一系列政策，调动了农民的积极性，同时采取了先进的科学技术措施，使粮食单产和总产均有大幅度的增长，进入产量变化的第三阶段。随着淤灌稻改的发展，昔日的沙碱坑洼地，今日变成了沟渠纵横、绿树成荫．大片平展展的稻田。过去穷得出名的原阳县，1968年后，推广了原武引黄淤灌稻改经验后，农业生产迅速发展，1982年与1966年相比，全县粮食总产增长了306%，达到2.385亿公斤，人均产粮增长了209%达到523公斤。

表5-7　原武镇粮食产量变化

年　度	粮总产（万公斤）	平均年总产（万公斤）	平均年单产（公斤／亩）	平均年人产（公斤）	平均年贡献（万公斤）	平均每人年贡献（公斤）	备　注
1965～1967	582.07	193.7	59.65	197.85			淤灌稻改前
1968～1969	544.9	272.45	85.15	260.5	17.85	17.25	试种水稻
1970～1974	2753.05	550.6	173.7	488.3	64.65	56.5	
1975～1979	4247.95	849.55	242.3	638.4	103.45	87.15	
1980～1984	6490.5	1298.1	275.2	1007.7	198.7	156.2	
1985	14945	14945.0	317	1158	364.0	326	

一、引黄淤灌稻改

原武的土壤系黄河多次泛滥改道淤积而成，因距黄河较近，所沉积的土壤多为颗粒较粗、质地轻的粉砂壤土，毛管性能强，容易返盐。同时由于地面高程比黄河低4～8米，受黄河渗漏影响较大（据测定，侧渗量约40万立米／公里/年），因黄河侧渗补给、雨涝和灌溉水入渗地下，加上地面水、地下水宣泄不畅，造成本区地下水经常维持高水位，旱季只有1.5米左右，雨季可达地表。在太平洋季风气候条件下，土壤盐分受干湿交替影响，上行下移十分明显，旱季土壤返盐构成对作物的威胁。原有盐碱地约占耕地面积的80%，耕层土壤含盐量为0.3～0.8%，盐分组成中阴离子主要是硫酸根、氯根、重碳酸根，阳离子主要是钾、钠，属氯化物硫酸盐或硫酸盐氯化物盐土。盐分剖面分布上大下小呈丁字形，季节性变化特点是旱季高于汛后。

为改良土壤，发展农业生产，这里曾进行过一系列生产改革，如刮盐起碱、兴修台条田、改种耐涝耐碱作物、冲沟躲盐巧种等，由于没有从根本上改变生产条件，收效不大。60年代中期，随着引黄工程兴建和复灌，在黄河南岸花园口等地淤灌稻改的启发下，原武也开始引黄种稻，取得成功并总结出一套较完整的经验。

1.稻改适应汛期雨量集中、洼地易涝和地下水位高的特点

原武长期受内涝、盐碱危害，尤以内涝为重。如1970年，西关的甘薯、大豆雨季前

生长正常，汛期雨涝使大豆损失90%，甘薯基本绝收，而同年水稻生长正常。又据1972年观测，7月28～30日，降雨220毫米，稻田拦蓄了100～120毫米深的水层，相对减少了地面迳流，减轻了排水负担。旱作物除不能有地面积水外，对土壤通气有一定要求。洼地地下水位高，又难以降低到地下水临界深度或防渍深度以下，土壤水盐状况不利于旱作物生长。水稻是喜水作物，对地下水位要求不高，长期淹灌还能淋洗土壤盐分，为稻后改旱创造了条件。

2.淤灌稻改有利于改良土壤

水稻用水量大，一般淹灌水稻生长期亩用水量在1000立米以上，即使旱种水稻也在500立米/亩左右，比旱作物高2～3倍。水稻生育期多次灌溉相当于连续性小定额冲洗，在有排水条件下可淋洗土壤盐分。洼地总的排水条件很难得到根本改善，地下水位偏高，土壤季节性返盐将是不可避免的，种稻的脱盐作用为稻后种麦及改种高粱、大豆创造了有利的土壤条件。据原武几处定位点土壤盐分变化资料，1971年种稻的Ⅰ、Ⅲ、Ⅴ定位点耕层土壤盐分均有降低，脱盐率为32.9～63.8%，而同一时期内种植旱作的Ⅵ点，耕层盐分增加了8.3%。Ⅴ点连年种稻，土壤盐分在稻、麦两季明显呈降、升趋势。Ⅰ、Ⅲ点于1971年种稻后改种旱作，1972年和1973年春季测定的土壤盐分均较高，耕层盐分比1971年冬增加了一倍以上。

黄河淤泥富含养分和有机质，稻田灌水带入田间的淤土有改善土壤物理性质和培肥土壤的作用。经测定每吨泥沙含氮为0.8～1.5公斤，含磷1.5公斤，含钾2.0公斤，有机质含量0.88～1%。黄河水中的含沙量以八月份最高，颗粒细，水质最好。稻田落淤一层胶泥，改善了原来的粉砂壤土质地，提高了土壤保水保肥能力和有助于减轻土壤返盐。灌入田块的泥沙含盐量一般在0.05%左右，远比原耕地表层土壤含盐量低，就养分含量而言胶泥的含氮量要比沙土高出一倍以上，沙的含氮量和含磷量和未淤地的土壤含量相近。故从改善土质和提高土壤肥力考虑，宜选择黄河来水富含细颗粒（粘粒）的季节多灌水落淤。

3.水源条件较好，又有一定排水条件

背河洼地离黄河近，地面高程低于河水位，有利于兴修引黄工程，发展自流灌溉，沿河一些沙碱地、洼地、塘坑适宜选作沉沙池，这样兴修的工程投资小、效益大、见效快。如原阳县引黄投资共7,144.94万元（截至1983年底），其中国家投资1313.46万元，地方群众投资5831.48万元，按全部投资计算，单位投资增加的产量为117.1公斤/百元，单位投资增加的产值为23.3元/百元，投资回收期为4.3年。如按国家投资算，单位投资增加的产量为637公斤/百元，单位投资增加的产值为126.5元/百元，投资回收期为一年。

原阳县地处天然文岩渠（主要骨干排水沟，最后排入黄河）最上游，地表水及地下水的排泄条件较好。

二、主要技术措施

原武经过二十年实践，总结出以“四个结合”为主要内容的技术经验。

1.淤灌和种稻结合

淤改结合是充分利用黄河水沙资源、发挥现有工程效益的好办法。在灌区上游结合

淤背、放淤改土或修建沉沙池，将沉沙或淤后较清的水送入渠道，在其下游灌溉稻田。以淤地改土为主要目的时，可利用汛期水沙丰富的特点，稻田灌浑退清，增加落淤量，达到稻淤双收。据1972年调查，早淤（8月中旬开始）、深淤（淤厚10～15厘米）比晚淤（9月初开始）、浅淤（淤厚小于5厘米）每亩增产6.65～33.15公斤，千粒重增加0.5克，每穗粒数平均增加7.9～11.7粒。多年种稻落淤或放淤改土的结果，使背河洼地大部分地面高程抬高0.7～1.5米，相对地增加了地下水埋深。土壤质地及结构也发生了改变，含盐量下降，有机质增加，生态环境有较大改善。原武西关典型观测资料表明，耕层土壤含盐量引黄稻改前为0.2%以上，有机质平均0.5%，到1983年1月（引黄稻改后十三年）实测土壤全盐含量为0.139%，有机质为1.05%。

在土壤盐分太重或地势特别低洼不平处，当年种稻难以成功，可采取头年放淤改土，次年淤灌与种稻结合。如杜庄有一块重盐碱荒地，0～5厘米土层含盐高达1%以上，经放淤后，耕层盐分较原来减少七倍以上，成为可耕地(见图5-4)。

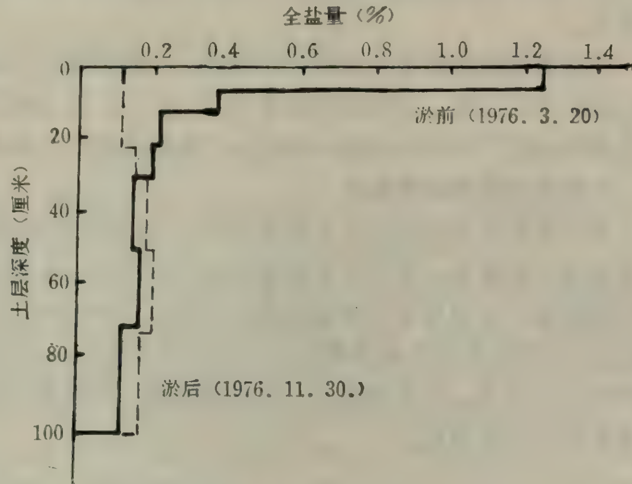


图5-4　放淤前后土壤盐分剖面及分布

2.排灌结合

目前原武的排灌系统已基本配套，排灌分设，建筑物也较齐全。稻区排水系统呈浅密型，田间农级灌排相邻布置，农排沟深0.8～1.5米，间距300米左右，毛排成相间布置，深度0.4～0.6米，间距20～40米。种稻期间，地下水位基本与田面相平，农、毛排共同起退明水和排地下水作用。据测定，稻田正常排水情况下，农排的排水模数为0.09立米/秒/平方公里。支排深度为2～2.5米，它的主要作用是输水和排两侧旱作物区的地下水，干沟为原天然渠，深度在2.5米以上。

据原武西关1970年以来观测的地下水位资料，春季（4月中旬）地下水埋深一般为1.4～1.7米，最深为1.9米，收稻后（10月初）地下水埋深为0.69～0.93米，最深1.18米。这种地下水位动态变化，在弱矿化度（1～2克/升）地下水地区，基本上能满足稻麦两熟区的土壤改良和作物生长要求。

3.渠灌与井灌结合

黄河流量年内、年际间变化很大，一般3～4月份有桃花汛，7～8月为伏汛，水量充沛，而5～6月为枯水期，此时正值水稻泡田插秧用水量最多时期，常造成需水与供水的矛盾。因黄河流势摆动或因泥沙淤积造成引水口门或渠道堵塞，引不进黄河水的情况时有发生。同时渠灌水量大，范围广，灌水难以控制，有时为防止地下水位升高或因雨涝而采取暂停引黄办法。因此，要保证稻田不断水，需要实行以渠为主的渠灌、井灌相结合。井渠配合运用的具体作法是：井灌育苗，河水泡田插秧和满足水稻生育期需水要求，井水保苗，中后期河水落淤肥田和稻茬麦冬春用井灌。其中最关键的是井灌育苗，

推迟开闸引黄灌溉时间。据试验，井水育苗不但可行，而且在某些方面优于河水育苗。如1972年春用井灌育苗的水温较渠灌水温平均约低0.5°C，土温低0.1°C，稻苗一叶一心时井灌只比渠灌生长晚一天；用河水育苗，因水中挟带泥沙，每次灌后秧田覆盖一层泥沙（尤其是进水口处），影响稻苗正常生长，用井水育秧可解决这一矛盾。秧田面积小又比较分散，如用渠灌还会造成水量浪费，大渠小流量容易淤积渠道，退水还会淤积排水沟，采用井灌可克服这一弊病，缩减引黄水量，有利于控制春季地下水埋深。原武在1971年后逐步用井灌育苗，4～5月地下水埋深与以前用渠灌育苗同期相比降低了0.5米左右。

现黄河背河洼地水文地质条件较好，一般40米以上有较好的含水层，单井出水量在100立米/小时左右，井水矿化度多小于2克/升，适宜灌溉，具备发展井灌条件。目前原武淤灌稻改区平均80亩地有一眼机井，为渠井结合灌溉奠定了基础。

4.种稻与发展绿肥结合

原武现有水稻面积按人计算接近3亩。水稻是需肥量较多的作物,除多施用化肥外，增辟肥源十分重要。原武在发展水稻生产的同时，注意积攒农家肥、扩种绿肥。1975年利用闲散地、盐碱荒地等种植田菁1.1万亩，留种和压青各占一半，据小区试验，每亩500公斤田菁鲜草作水稻分蘖肥，比对照增产30%，每亩用75公斤田菁籽作稻田底肥比对照增产一倍多。田菁的耐盐、耐涝性较强，根瘤菌有固氮作用，是洼涝盐碱地区颇有发展前途的一种绿肥。

三、提高淤灌稻改效益

经多年实践证明，引黄淤灌稻改在原武这类背河洼地是一项行之有效的措施。但由于受区域排水条件制约，加上管理工作未能跟上，沟的坍塌淤积严重，目前排水系统排地面水问题不大而排地下水能力较低，难以有效地控制地下水位，因此土壤在稻田改旱或秋后种麦时存在不同程度的返盐现象。如西关定位点1971年收稻后耕层土壤盐分降至0.102%，麦季冬春阶段含盐量分别升至0.134%和0.175%；1972～1973年种高粱、大豆，土壤盐分升至0.2～0.3%，1974年再种水稻，含盐量有所下降。在近期排水标准不高的条件下，只能采取稻旱轮作的种植制度进行土壤盐分调节和维持稳产、高产。水稻或旱作种植年限主要根据作物生长状况和盐分动态而定。夏秋两季产量比较，秋季占全年的2/3～3/4，秋作（水稻）产量基本稳定而且逐步增加，麦季则因地下水位偏高，土壤过湿和盐分含量较多，小麦等夏收作物增产幅度不大。如能进一步控制地下水位和土壤水盐状况，农业生产可望得到进一步发展。

要继续提高排水系统标准，使其既能排地面水，又能有效排泄地下水。从实测的骨干排水沟——天然三支沟的水位与其两侧地下水位资料（见图5-5）看出，非引黄种稻期间（10月～4月），支沟水位均低于两侧地下水位，说明排沟起排除两侧土地地下水作用，而在引黄种稻淤灌期（5月～9月），因引黄种稻放淤产生大量排水和退水，支沟水位升高致使有一段时间的水位已高于北侧旱作区的地下水位，不仅未起到截渗作用，相反还补给了旱作区的地下水，这说明为解决水作对旱作影响开挖的截渗沟应与稻田或淤区的退、排水沟分开设置，两者不宜混用。目前原武稻区或水、旱轮作区的斗、农排因淤方或稻田退浑水，管理不善而淤浅、淤平，或有沟而无排水出路，削弱了控制地下

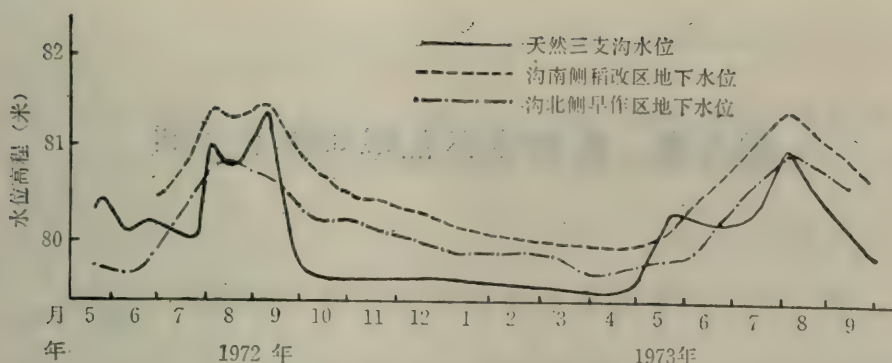


图5-5 天然三支沟水位与两侧地下水位比较

水位的作用。为了进一步提高水、旱作物产量，除改善排水条件外，还需合理安排水、旱作物，实行分区种植，严格控制退水，适当推广水稻旱作新技术。

本地区地下水位的调控对土壤状况的改善有重要作用，在排水出路未根本解决前，靠明排系统降低地下水位难以奏效，另一有效途径是加大地下水开采强度，提倡井灌。目前渠灌方便，水费较低，在水利政策上又是按亩征收水费，喝的是大锅水，水的利用率低（一般在0.3%以下），浪费严重。虽然稻改区机井数量不少，但利用率很低，一般在10%左右，其原因是井灌费用由各用户负担，既费事又费钱。今后如能将地面水与地下水统一考虑，制定一项有利于多采地下水的政策，会有助于这一地区的进一步发展。如果在水稻黄熟后需水量减少时期，早日停止引黄，用井水作补充灌溉，稻茬麦的灌溉基本用井灌，这样大面积开采地下水的结果，有可能控制地下水位并降低旱季土壤盐分积累速度。

本区农业种植结构中，粮食（主要是水稻）比重很高，粮食产量虽然增长快，群众温饱问题基本解决，但经济收入不高。根据目前经济实力和引黄方便的优势，发展一些水产养殖业和粮食加工（主要是优质米）企业，还是有条件的。

第六章　鲁北地区盐碱地综合治理

第一节　鲁北陵县古黄河背河洼涝盐碱地综合治理

一、自 然 条 件

1.气　候

本区属暖温带半湿润季风气候区。年平均气温12.5°C，有效积温4300～4500°C，年平均降雨量600毫米左右，年蒸发量2000毫米左右。冬季受大陆干冷气团控制，多西北风，天气干燥寒冷；春季多西南大风，气温上升快，蒸发大，降水少，3、4、5月降雨总量约60毫米上下，而蒸发量高达700毫米以上，有“十年九旱”之说。夏季受东南季风控制，温湿多雨，降雨量占全年降雨量的70%左右，在洼涝盐碱区，由于排水不畅，又有“十年九涝”之论。年际间降雨量差异明显，又常有集中降雨发生，典型年份40多天可降雨500多毫米。历年平均暴雨次数为2.1次，暴雨是造成内涝的主要原因。据史料记载，从1368年到1979年的612年中，出现大旱100次，大涝72次。

2.地　貌

陵西背河洼地的地势由西南向东北缓缓倾斜，海拔高度从18.5米降至14.5米，地面坡降1／10000左右。西部为古黄河河滩高地，比洼地高4～5米，东部为笃马河河滩高地，但与洼地分界不明显，微度倾斜，相差1～2米。洼地总面积253平方公里，处在两条古河滩地之间，主要地貌类型有背河封闭洼地、坡状洼地和低平洼地三种。历史上黄河决口改道曾6次在马颊河与笃马河两侧摆动；又有马颊河多次决口泛滥，造成洼地内微地貌（小地形）条件及水文土壤条件比较复杂。

3.水文及水文地质

(1)河流情况　本区西部及西北部有马颊河及马颊岔河，南部有平陵河，东部有笃马河。横穿洼地中间有新隔津河、李家塔子沟、初家沟三条排水河沟。

马颊河全长480公里，原来排涝能力很低，经1966年和1978年两次治理后，排涝能力达到五年一遇的标准。汛期水位高程20米，高出洼地地面1～2米。

马颊岔河1968年开挖，全长70公里，排涝水位20.65～13.68米，排洪水位20.85～19.90米，水位高出地面1～2米。

笃马河是本区主要排水河道，全长71.2公里。平陵河、新隔津河、大庄沟、李家塔子沟、初家沟皆排入笃马河。排涝水位17.45～14.92米。

(2)潜水状况　陵西背河洼地由于受高地侧渗的影响，地面排水不畅，地下迳流滞缓，地下水的排泄主要靠地面蒸发，矿化水不断浓缩，形成高矿化潜水区。一般矿化度2～5克／升，高者达15克／升左右。其化学组成阴离子以Cl^-为主，$SO_4^{=}$次之，阳离子以

Na^+为主，Ca^{++}、Mg^{++}次之。

潜水位埋藏较浅，大洼西半部春季水位多在2米以内，雨季接近地表；大洼东半部春季潜水多为2～2.5米，雨季最高水位1米左右。

该区大部分浅层地下水矿化度在3～9克／升，不适于灌溉。据县水利局资料，浅层淡水单井出水量30～60米^3／小时的占总面积的11%，单井出水20～30米^3／小时的占29%。浅层咸水及贫水区占60%。

本区深层淡水顶界面埋深100～150米、150～200米、200～300米的各占三分之一的面积。

4.土　　壤

（1）土壤类型　本区土壤是由黄河冲积母质发育而成的。由于受地下水的影响不同，使土壤向着潮土化和盐渍化两个方向发展。

①潮土：分布地形部位较高，或为有较厚粘土层的低平洼地，潜水位2.5～3米。土壤水分运动以下渗淋溶为主，潜水的毛管上升作用小于地表水下渗作用，土壤不发生积盐，但由于地下水的升降，心土和底土发生氧化还原的交互作用，形成大量胶膜、铁锈斑纹或石灰结核。

②盐渍土：分布于地形部位较低的洼地二坡地，潜水位1～2米，土壤质地以粉砂壤土为主。由于地下水有不同程度的矿化，土壤水分不断向地表蒸发，可溶盐在土壤中聚集，使土壤盐渍化。本区盐渍土的化学类型以硫酸盐氯化物盐土或氯化物硫酸盐盐土为主，间或有小面积的含重碳酸盐较多的苏打盐土。按不同含盐程度和出苗情况，分为轻度盐渍土（耕层土壤含盐量0.2%左右，拿苗七成左右，占总面积23%）、中度盐渍土（耕层土壤含盐量0.3～0.4%左右，拿苗六成左右，占总面积25.5%）、重度盐渍土（耕层土壤含盐0.6%左右，拿苗5成以下，占总面积13.7%）和盐碱荒地（耕层土壤含盐量0.8%以上，不拿苗，占总面积27.3%）。

（2）土壤质地和土壤养分　由于黄河多次泛滥，因流速、流向的变化，在沉积时进行了一系列的分选作用。土壤剖面中有粘土隔层的占总面积的58.1%，全剖面为沙质壤土的占28.8%。耕层土壤质地以壤土为主，占57.6%，沙土占16%，粘土占11.3%，粉沙土占15.1%。

耕层土壤有机质含量绝大部分为0.5～0.8%，少数土壤在1%左右；碱解氮含量大部分土壤为30～50ppm，部分土壤小于30ppm；有效磷含量大部分土壤小于5ppm，部分土壤为5～10ppm。

二、盐碱地形成原因及水盐运动特点

1.盐碱土形成原因

（1）由于黄河多次泛滥改道，造成大洼内复杂的微地貌类型。浸润洼地、碟形洼地、带状洼地的高差为0.5～1米左右，最大不过2米。由于小地形的差异，带来水分的蒸发、入渗和迳流的不同，造成大洼内特殊的水盐运动循环模式。大面积盐碱化发生在洼岗之间的微斜坡地上，从0—20厘米Cl^-，$SO^=_4$，Na^+，Mg^{++}，Ca^{++}离子含量来看，均以微斜坡地最高，岗地次之。

（2）在黄河多次泛滥过程中，所携带的大量泥沙，在水深流急处多为粗粒沙质沉

积，在泛道附近多为沙壤或轻壤质沉淀，在流速缓慢的低洼地多为粘质沉积，造成大洼中复杂的土壤质地剖面，带来对土壤水盐运动的极大影响。盐碱土多发生在土壤剖面以砂壤，轻壤为主的地段，这种土壤质地的总孔隙和非毛管孔隙均少，毛管作用强，透水性较差，土壤易于积盐。

(3) 两侧高地的地下水向大洼汇集，而出流滞缓，洼地地下潜水位常年变动在0～2米之间。加之蒸发量大，地下水不断浓缩，矿化度达3～15克／升，土壤强烈积盐（表6-1，6-2）。

表6-1 不同地下水位对土壤积盐的影响

（地下水矿化度8.9克／升） （山东陵县）

土层（厘米）＼地下水位	1米			1.5米			2米		
	5月10日	6月10日	增加%	5月10日	6月10日	增加%	5月10日	6月10日	增加%
0～20	0.252	1.640	563	0.390	1.070	174	0.430	0.620	44
0～100	0.212	0.690	225	0.290	0.630	117	0.330	0.460	39
0～150	0.184	0.620	236	0.240	0.330	37	0.190	0.210	10

(4) 在半湿润季风气候影响下，干湿季明显，蒸发量大于降雨量，旱季土壤强烈积盐。

(5)土壤有机质贫乏，结构不良，既不利于抑制土壤返盐，又不利于促进脱盐。

总之，促使土壤积盐的动力主要有三方面：一是外动力，即气候因素，主要是蒸发力；二是内动力，即土壤毛管力；三是侧压顶托力，即高地下水大量横向补给，抬高地下水位，使毛管水强烈上升前沿到达地表，水去盐存，造成大面积土地积盐。

表6-2 地下水矿化度对土壤积盐的影响

（山东陵县）

矿化度（克／升）	土壤盐分（%）			观测点（个）
	20厘米土层	1米土层	2米土层	
<2	0.154	0.104	0.095	144
2～4	0.294	0.199	0.233	57
4～8	0.349	0.329	0.372	28
>8	0.506	0.493	0.533	23

2.盐碱土特性

(1)土壤水盐运动的季节性　在该区自然条件下，通过多年定位观测，土壤水盐运动的特点主要表现为蒸发积盐、淋溶脱盐和相对稳定三种形式；盐荒地土壤盐分变化过程为强烈积盐期（3～5月）、脱盐期（6～8月）、积盐期（9～11月）、稳定期(12～2月)四个阶段。这种季节性运动主要决定于气候因素，它是不易改变的。但在灌排、耕种和施肥管理条件下，土壤盐分的运行则表现为：积盐期提前（2～3月）、脱盐期加长(4～9月）、积盐期延后（10～11月）。这说明影响土壤蒸发和积盐强度的其他因素，可以在时间、空间上进行人为调控。

(2)土壤盐分的表聚性　盐分在土体中以垂直运动为主，呈“T”型分布，对作物种子和幼苗危害极大。

(3) 地下水运动的滞缓性　自然状态下，该区地下水的动态类型为入渗、侧渗-蒸

发型，其动态过程是，低水位期（即稳定期，1～4月）——水位上升期（5～6月）——高水位期（7～8月）——水位下降期（9～12月）。根据该区地下水的动态和对土壤、作物的影响，把潜水深划为高水位（0～1米）、中水位（1～2米）、低水位（大于2.2米）。地下水位受降雨和灌溉两种因素影响，一般每亩灌水80～100立方米，或一次降雨50～100毫米，可使地下水位抬高30～70厘米。而雨季过后，从0～1米高水位回降到2米以下，往往需要3～4个月时间。区内地下水出流缓慢，加之两侧地下水的补给，使该区成为地下水滞流地带。

（4）土壤肥力的贫瘠性　该区盐碱土的肥力特征主要表现为"瘦"，土壤有机质含量0.4～0.8%，全氮含量0.02～0.04%，有效磷含量5ppm左右。"地瘦生碱，地肥改碱"（图6-1），土壤有机质含量与盐碱化程度密切相关(Y(有机质)＝1.14－2.61x（盐），r＝－0.9）。

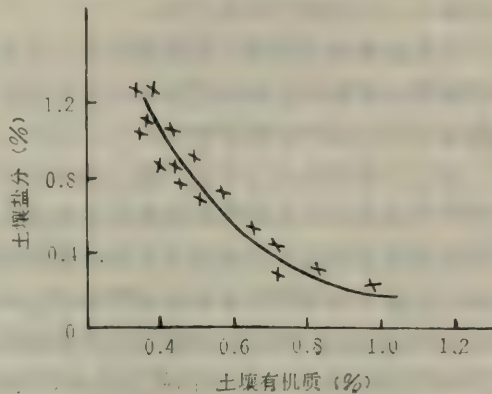


图6-1　土壤盐分与有机质含量的关系

三、综合治理体系的建立

盐碱土水盐动态的特征和土壤特性，为我们提示了调控水盐运动的方向和目标，即采取农水结合，抑制春秋土壤蒸发积盐过程，促进灌溉和降雨淋溶脱盐过程，使区域性土壤水盐运动稳定地向着脱盐的方向发展。

1.水利治理体系的建立和效果

治理前期，首先健全截流截渗排水系统，实行等高排水，分区治理。在此期间，加深、疏竣了马颊河（从2.5米加深至5米）、笃马河（从2米加深至4.5米），新开挖马颊岔河（河深4米）、新隔津河、大庄沟、李家塔子沟和初家沟等排水截渗河沟，改变了区域水文条件。

根据陵西背河洼涝盐渍区的地形和地貌以及水文地质类型，统一规划，分区治理。在浅层水质较好的区域以井灌沟排体系为主，在浅层咸水引黄灌区以提灌沟排体系为主，在封闭洼涝咸水盐碱区以提灌提排深沟体系为主。

（1）深沟扬灌扬排综合治理体系的设置　陵西实验区位于马颊河东侧，东部海拔高程20米左右，西部海拔24米左右，全实验区海拔仅18.5～19米，属于古黄河背河槽形封闭涝洼盐碱地区。马颊河对实验区而言实属地上河道，其岔河汛期最高洪水位为20.5米，故全区无自然排水出路，地下水出流不畅，受马颊河侧渗影响，区内地下水位在0.5米以上，经常"大雨大涝，小雨泥涝，十年九涝"，涝碱相随，属于重涝难排的重盐碱地区。实验区全年降雨量600～700毫米，80%集中在7、8、9三个月，而4、5、6三个月干旱蒸发大，形成"春旱、夏秋涝、晚秋又旱"的气候特点。

全区大部分土壤为沙土和轻壤土，毛管性强，易于积盐，表土盐分含量一般在0.3～1%左右。盐碱土类型主要是硫酸盐和氯化物为主的盐土，重碳酸盐为主的盐土分布很少。

实验区潜水矿化度西部为1—3克／升，东部约为5克／升，有的高达19克／升，其组成阴离子以氯根为主，硫酸根次之，阳离子以钠为主，镁次之。深、中层地下水质亦差，20～300米地下水矿化度为3～9克／升，10米左右地下水矿化度为2—3克／升，但出水量小，开发利用价值不大。

上述自然特点说明，旱、涝、盐、咸（地下水）、瘦是实验区影响粮食产量低而不稳定的障碍因素，这些因素之间相互联系、相互影响、相互制约，而涝害和盐碱又是限制农业生产发展的主要矛盾。

为了打破旧的水盐平衡，建立新的治涝改碱的水盐平衡，在治理途径上，采取简单易行、涉及面小、见效快的机械扬排措施，以加速雨季地面及地下迳流的排出，调控地下水位和除涝排盐。同时为了排咸补淡和解决旱季缺水，利用马颊河良好水质实行提水灌溉、洗盐（马颊河低水位时灌溉系数为19.3，矿化度0.5～1.5克／升），并在实验区内挖深沟，使深沟与扬灌扬排结合，既提高排沟在汛期短期贮水的防涝效果，又利于控制地下水位加速脱盐，为了巩固脱盐效果，加速抑盐培肥，同时也狠抓各项农业改良措施。

①排灌站设置。排灌站布置在实验区西部、马颊岔河外侧，安装四台16HB-40混流泵，每台水泵出水量1325米^3／小时，总流量5300米^3／小时，扬程5米，配套动力为4×50马力柴油机。引水高程15.3米，涵管直径1.5米。在汛期，区内积水通过扬排排入马颊岔河。同时在旱季还能提马颊岔河水灌溉，实验区内现有可耕地7000亩左右，灌溉用水率采用0.58米^3／秒／万亩，扬水站机械能力完全可以满足灌溉要求。

②深沟布局。实验区内深沟设计标准为日降雨200毫米不成灾。排沟设计采用支、斗、农、毛四级配套，按64型设计（即1964年的排涝标准，45天连续降雨400毫米，迳流深等于46.5毫米，小流域面积$Q=5F^{0.35}$计算）。其具体标准是：支沟深4米，间距1200米；斗沟深3.0～3.5米，间距500米；农沟深2～2.5米，间距300米；毛沟深0.8～1.0米，间距100米。

③灌排技术。为了运用深沟扬灌扬排措施调控地面水、土壤水和地下水，达到除涝治碱的目的，根据几年实践，在灌排技术上采用“雨前预排，雨中抢排，雨后空排，遇涝必排，灌后速排”的措施。“雨前预排”指雨季前的排水，能腾出沟中和土壤中库容，把地下水降低到最低限度，提高抗涝能力，加速自然脱盐；“雨后空排”指雨季后进一步排出土壤滞水，降低地下水位，再度腾出土壤库容，预防返盐；“遇涝必排”主要指个别年份如遇晚秋涝时的及时排水；“灌后速排”指旱季灌溉后及时调控土壤水和地下水位，排出冲洗出的盐分并预防次生盐渍化。

④农业措施。主要采取平整土地，消灭盐斑，适时中耕，抑制返盐；扩种绿肥，脱盐培肥；粮肥间套种，用养结合等等措施。这在巩固脱盐效果、熟化培肥土壤，培育淡化肥沃土层，促进作物增产等方面起作用。

（2）深沟扬灌扬排对区域水盐运动的调控作用

①除涝效果。研究表明，本区的除涝标准为：田面存水不超过1～2天，使作物不受淹涝，并使地下水位迅速回降到使作物不受渍害的水位，即玉米地的地下水位不高于0.5米，棉花地不高于0.7米。

由于在封闭涝洼盐碱地上采取了深沟扬灌扬排措施，解决了排水出路，除涝效果显著。例如1977年6月末至8月初，44天共降雨523毫米，超过了64型45天连续降雨480毫

米，在持续降雨42天后，又降雨167毫米。实验区在雨前进行预排，排水量48.6万立方米，沟水排干，地下水位降低；雨后进行“空排”，使地下水很快降落至0.79～1.13米，耕层土壤水分适中（22%～23.8%），使大涝年获得大丰收，仅实验区秋季就完成了全乡的粮棉征购任务。

又如1976年晚秋涝，9月份降雨161.6毫米，为多年同期降雨量的3.96倍。由于实行了“遇涝必排”排出了土壤滞水，区内土壤水分适中，做到了小麦适时播种。据10月份调查，区内耕地土壤含水量为21.8～23.2%，而区外土壤水分为26.4～33.3%，小麦迟播半月。

深沟扬排对雨季大面积的除涝有明显效果，但并不排除毛沟和浅密垄沟在雨季时的防渍作用。因为在雨季，涝洼地段土壤上层水分的调节还要靠毛沟和浅而密的垄沟（深30厘米，5米一条）。开沟晒墒也是很好的办法。据在降雨116.7毫米的情况下雨后第二天测定，排水条件好的地块，有排沟但排沟不完善的地块以及排水条件不好的地块土壤水含量差异很大。0～20厘米土壤水分别为：23.8%、28.7%、31%；20～40厘米土壤水分别为：23.3%、25.4%、28%。这就说明在深沟扬排基础上还必须健全毛沟，并在雨季挖临时性垄沟，才能排除涝水和避免作物遭受渍害。

②对雨季潜水位的调节及排盐作用。潜水位的高低是影响土壤积盐与脱盐的重要因素。通过深沟扬排，可使雨后地下水位下降的很快，一般来讲，雨后第三天，地下水位可降低至70厘米以下，10天可降至1.3～1.5米以下。这就为排除渍害，减轻雨水下渗的顶托，提高雨季自然淋溶效果，创造了条件。

深沟扬排调控地下水位主要靠田间潜水位与沟水位形成水位差，产生地下出流。在相同土质情况下，水力坡降愈大，沟内出流越多，田间潜水位下降也越快。由于进行抽排，降低沟内水位，因而加速了地下水出流量。

农沟是控制地下水位的末级沟，其地下出流量随降雨量大小、地下水位与土壤质地和沟深不同而不同。据测定，降雨48.3毫米时，雨后二天在2.5米、2米、1.5米的农沟都产生地下出流，其出流量分别是147.1米^3／昼夜、87.3米^3／昼夜、6.01米^3／昼夜；降雨167毫米，雨后七天测流，2.5米深农沟地下出流量为168.5米^3／昼夜。通过深沟扬排，全实验区地下出流率为0.085米^3／秒／平方公里。

由于实行深沟扬排，排盐作用也很显著。土体中的盐分随着降雨（灌溉）的淋洗而下移，雨季土体盐分一般呈上小下大的特点，盐分随着地下水出流，而被排出土体。据

表6-3　农沟地下径流排盐量

时间	沟别	地下径流量（米^3／昼夜）	水质（克／升）	排盐量（公斤／昼夜）
1976年9月20日	2斗1农	678.2	1.21	82.05
	2斗2农	146.9	0.93	136.85
	2斗3农	87.3	1.58	137.25
	3斗1农	6.05	1.45	8.2
	2斗1农	439.8	1.35	57.6
1977年7月9日	2斗2农	299.7	1.31	40.6

测定，农沟单沟每昼夜约有40.6～137.25公斤盐排出（见表6-3），一米土体脱盐率可达12～60%以上。初步估计每昼夜约有2.4万米³地下径流排出。

③对旱季潜水位的调控。本区同黄淮海平原其他地区一样，旱季较长。旱季盐分季节变化的一般特点是：秋后开始返盐（个别年份晚秋遇涝除外），冬季稳定，春季强烈返盐。根据几年来的实践，深沟扬排对地下潜水位控制的关键时期是在秋后积盐初期，这个时期必须加强"雨后空排"，尽力把潜水位控制在2米以下，使土体盐分降低到最低限度，为控制全年土壤返盐创造先决条件。只要秋后把潜水位控制在2米以下，到春季强烈返盐季节，由于作物需水，加强了灌溉洗盐，即使潜水位升高到1.3～1.52米，也不致返盐（见表6-4）。从表6-4可看出，在春季扬灌季节，只要合理灌溉，由于频繁的灌溉排水，加速了水盐水平运动，促使土壤和地下水淡化和脱盐，田间的潜水位就不成为影响土壤积盐的主要因素。

表6-4　春季强烈返盐期潜水位在1.3～1.5米时的土壤盐分

定位观测点	取土层次（厘米）	土壤含盐量（%）	
		1975年5月3日	1976年5月11日
Ⅰ—1	0～5	0.12	0.16
	5～20	0.15	0.17
	20～40	0.15	0.12
	40～60	0.15	0.12
	60～100	0.13	0.11
	100以下	0.20	0.14
Ⅰ—2	0～5	0.08	0.22
	5～20	0.13	0.09
	20～40	0.12	0.07
	40～60	0.17	0.09
	60～100	0.18	0.10
	100以下	0.19	0.12
Ⅰ—3	0～5	0.15	0.05
	5～20	0.15	0.06
	20～40	0.13	0.04
	40～60	0.18	0.04
	60～100	0.14	0.04
	100以下	0.10	0.06

注：在春灌条件下

治理后期，随着流域骨干河道的治理，排水条件逐步改善，为了减少水利投资，在扩大治理上降低了排水沟标准，使各级沟深抬高0.5～1米左右，间距扩大到200米～300米，在农水措施配合条件下，仍基本达到了改良土壤的目的。

在长期引黄排咸过程中，浅层地下水质逐步改善，目前试区内一部分原矿化度3～4克／升左右的地下水，已淡化为1克／升左右，底板20～30米出水量20～40方。试区内已试打浅井灌溉，以补救河水早春之不足。

2.耕作管理措施的改土作用

（1）适时中耕，抑盐改土　土壤中耕是作物生长前期和中期用以调节土壤的水、热和通气状况，培育壮根及提高作物抗盐能力的重要措施，也能起到抑盐保苗的作用。中耕疏松了土壤，首先改良盐渍土的"冷凉"特性，提高地温，据5月中旬测定5厘米和10厘米地温，深中耕比划破地皮提高1～1.5°C。中耕能减轻土壤蒸发，有利于保墒，据测定，中耕使耕层土壤水分提高1～3%，0～5厘米土壤水分，深中耕较划地皮的水分含量偏低，而以下各层土壤水分前者均高于后者。中耕可切断毛细管，表层形成一层疏松的干土层，减轻土壤蒸发，可以抑制返盐。耕层土壤盐分深中耕的比划地皮的各期分别下降30～50%。中耕还可促使根系向纵深生长，增强了作物的抗旱耐盐能力。

（2）平整土地，消灭盐斑　本实验区历史上遗留下来许多盐土疙瘩、红荆埂，土地不平给使用机械作业带来了很多困难，使浇水施肥不均，水层厚度不一，灌后或雨后常造成土壤含水量呈不均匀状况，使得作物生长高低参差不齐。土壤不平引起水分梯度差而产生横向运动，又为盐分的横向补给创造了条件。灌后或雨后，小地形的高处因强烈蒸发而含水量急剧下降，与低处土壤产生较大的水分梯度差，使低处水盐向高地运行集中而形成盐斑。据测定，盐碱地畦埂的盐分往往是畦面耕层盐分的10～20倍。

实验区建区以来，结合农田基本建设，大规模地进行土地平整。在排灌配套的基础上，土地经过平整种植一年后，耕层土壤盐分由0.6%降到0.08%，一米土体盐分由0.23%降至0.05%，加速了土壤均衡淋盐。

（3）因地制宜，灌水压盐　在含盐较高的耕地上，进行灌溉，采用加大灌水定额的办法淡化土壤，达到压盐、洗盐、保苗的目的。经过几年来的实践证明，在有排水条件下，采用灌水压盐效果较好。据观察，在表层含盐量为1.5%，耕层含盐量为1.1～1.06%的重盐碱地上，灌一水表层脱盐率达到30～35%，5～20厘米脱盐率达到64～74%，压二水表层脱盐率为92.5%，5～20厘米达到80～83.6%。耕层土壤盐分下降到0.2%以下可确保全苗。

在没有排水条件下，灌水压盐效果较差，结合深翻，可使灌水压盐脱盐率提高30%。春灌压盐以3月下旬至4月上旬为宜。增施有机肥料和翻压田青，可使灌水脱盐率提高17.5～21.6%。

3.土壤培肥途径和效果

土壤培肥的实质是增加土壤营养物质的贮备，扩大物质循环，提高能量转化利用率，保证土壤营养元素和有机质的合理供应、周转和平衡，逐步削弱并消除其不利因素，使各肥力因素（养分、水、气、热等）协调供应，以达到土壤肥力和物质生产的同步提高。

土壤瘦、理化性状不良是盐碱土的自身属性，要改变这种属性除改善环境条件外，主要还取决于人为向土壤系统输入物质和能量。为了不断扩大物质循环和养分平衡，按照旧的模式，靠自身的封闭式物质循环和低能量转化，难以改变这一不良属性。增施化肥，增加了第一性产品（籽粒和秸秆）；种植绿肥，植树造林，增加了有机物质源；实行农牧结合、以畜养农等开放式农田物质循环，才能为增加土壤有机质提供广泛的物质基础。因此，这个培肥途径或称培肥技术体系，主要是通过投入无机能——化肥、淡水等和投入有机能——绿肥、秸秆、林木枝叶、厩肥等，提高系统生产力，增加第一性产品——各种作物生物总产量，同时促进第二性产品——畜牧业的发展，反转过来为农业生产提供大量优质有机肥料，又提高第一性产品生产，逐步形成一个良性的农田土壤系统物质和能量循环体系。它主要包含五个环节，即增加有机物生产，绿肥牧草生产环节；以无机促有机，有机无机结合，化肥投入环节；改善农田生态环境，扩大有机物源，植树造林环节；用养结合，粮经结合，调整种植结构环节；发展畜牧，过腹还田，农牧结合环节。

（1）种植绿肥　施用有机肥料改良盐碱地是我国广大农民的一项传统经验，但在土壤改良初期，往往有机肥料缺乏，特别在中、重度盐碱地上，种不保苗，出不保收，生产量很低，在这些土地上种植耐盐绿肥，是一项扩大有机肥源，培肥改土的经济而有

效的途径。实验区种植的主要绿肥品种有：田菁、草木樨、苜蓿、柽麻、毛叶苕子等。主要种植方式是一麦一肥和粮肥间作

①一麦一肥。实验区建区初期，小麦—夏休闲的种植方式约占粮田面积的20%左右，多分布在盐分较重和离村远的低洼地。这部分土地，改夏休闲为种植耐盐抗涝的绿肥田菁，最好在6月上、中旬播种，可得鲜草1000公斤／亩以上，如果每亩施过磷酸钙25公斤，鲜草产量可达1500公斤／亩以上。一般在8月下旬至9月上旬翻压。

麦田套种草木樨，从冬前11月中旬至第二年3月上旬均可套种。鲜草产量一般可达1000公斤／亩以上。翻压期以在7月下旬为宜。

②粮肥间作。原来实验区粮田面积中，约有40～50%的土地历年施用有机肥和化肥数量很少，土壤肥力很低，亩产一般100～150公斤。对这部分土地采取夏玉米套作夏绿肥（田菁或柽麻），或者小麦间种毛叶苕子。一般每亩可获鲜草500公斤左右。夏玉米套作夏绿肥时要注意调整玉米行距（大行1公尺以上，小行0.3公尺）、绿肥早播（6月上旬）、绿肥“割头”（8月上、中旬割去上半部）、加强田间管理等四项措施。

翻压绿肥具有明显的培肥、改土、增产作用。表6-5的资料表明，连年翻压绿肥后可使土壤盐分下降70%以上，有机质含量提高50%左右。一麦一肥小麦可增产50～200%，由50公斤左右提高到100～150公斤／亩。粮肥间作全年亩产可由150公斤左右，提高到300公斤上下。

表6-5 绿肥培肥改土效果（粮田）

项目 年	土壤盐分(%)		有机质(%)	全氮(%)	容重（克/厘米^3）		孔隙度（%）	
	0～5厘米	5～20厘米	0～20厘米	0～20厘米	0～10厘米	10～20厘米	0～10厘米	10～20厘米
1974	0.446	0.132	0.65	0.041	1.432	—	49.4	—
1978	0.086	0.075	0.92	0.073	1.247	1.329	54.0	51.6

(2)施用化肥　增施化肥是实验区土壤培肥的重要途径之一。从实验区化肥的施用和布局来看，在生产的起步阶段，化肥首先集中施用于一年两熟的好地和轻盐碱地，使生物产量迅速提高，亩产粮食由150～200公斤，提高到400～500公斤，同时可获秸秆400～500公斤，根茬200～250公斤。对翻压绿肥的土地以磷肥为主。

为了更好的发挥化肥的增产作用，需要有机无机结合和氮磷配合施用。从表6-6可

表6-6 有机无机结合改土（0～20厘米土层）增产效果（粮田）

年 项目	1980		1981		1982		1983		1984	
	结合	单施	结合	单施	结合	单施	结合	单施	结合	单施
盐分（%）	0.35	0.32	0.29	0.26	0.21	0.23	0.1	0.13	0.16	0.13
有机质(%)	0.53	0.55	0.69	0.63	0.92	0.79	0.90	0.79	1.26	0.87
亩产(公斤)	134	74	192	177	324	216	508	445	612	547

注：施肥量为亩施秸秆250公斤，尿素30公斤，过磷酸钙50公斤。

见，有机无机结合比单施化肥增产20～40%。实验区土地缺磷严重，实验结果表明，现阶段磷肥增产效果大于氮肥。氮磷比由1：0调整到1：0.5。

通过种植绿肥和增施化肥，提高了有机物质的生产量，并为进一步扩大重盐碱地的治理，提供了一定数量的有机肥源。化肥主要集中用于棉田，取得了较好的增产和改土培肥效果。实验区秸秆还田量由1975年的20%左右提高到1980年的50%以上，1983年达80%左右。

（3）植树造林　植树造林既可改善农田生态环境，又可提供燃料和饲料，有利于缓解三料矛盾。实验区林业发展是与农田基本建设同步进行的。全部林网主要有三种结构类型：一是农田林带结构型，随田间沟渠道路造林；二是片林，以经济林和护村林为主；三是桐粮间作。至1983年，实验区林地面积发展到1089亩，其中乔木（杨、榆、槐等）约50万株，灌木约40万株，果园200亩。现在乔木多为5～10年树龄，全实验区平均每年可获得树枝10万公斤、树叶10～15万公斤。灌木大约是紫穗槐和柽柳各占一半，每年可收条子约20万公斤，可收集小枝叶5万公斤。实验区7000亩可耕地亩均占有枝叶约50公斤。

目前全实验区每年约需生活用柴150万公斤左右（包括冬季烧坑用柴），林木可解决1／5～1／4的生活能源。树叶又是优质有机肥源和很好的饲料，树叶含营养物质比较丰富，如刺槐叶含粗蛋白21%，粗脂肪4.16%，泡桐叶花含营养物质更为丰富。同时林木具有强大的生物排水作用，每平方米杨、柳叶子，在生长旺季12小时内可蒸腾4.4升水，有利于降低地下水位。林带可降低风速30～50%，有利于减轻地面蒸发，改善农田气候。实验区林业尚有较大的发展潜力，应进一步完善林网，发展林粮间作，开发利用荒地。

（4）调整种植结构　实验区调整种植结构主要是改变单一粮食生产的状况，在保证粮食生产的同时，扩大豆类作物播种面积，扩大棉花等经济作物播种面积。

实验区建区前粮食作物面积占耕地面积的百分率1972年为90%，1975年为80%，总产为30～45万公斤。棉花面积只占耕地面积的10～15%，总产1.5～2.5万公斤。粮棉秸秆总量为50万公斤左右。豆类作物播种面积很小。至1985年粮食作物面积调整到60%，但总产达到192万公斤，为建区前6倍，并可收获秸秆192万公斤，根茬96万公斤。棉田面积扩大到35%，总产14.1万公斤，可收获棉柴90万公斤，棉饼20万公斤，田间残留棉叶14万公斤。人均收入达820元。

实验区经植树造林和种植结构调整，棉柴和树枝（计约120万公斤以上）加上部分玉米秸（25～30万公斤），基本解决了燃料问题。每年有150万公斤秸秆、50～80万公斤根茬、10～15万公斤树叶、14万公斤棉叶、20万公斤棉饼等可归还农田，有机物总量达200～220万公斤，大部分可作为饲料，发展畜牧业。平均每亩耕地占有250～350公斤有机物，同时每亩耕地中还残留根茬和落叶100～250公斤。玉米大豆间作面积达到秋粮面积的80%。

（5）农、牧结合　在燃料问题基本解决的情况下，大量的作物秸秆既提供了有机肥源，也提供了饲草。按生态农业食物链关系，发展畜禽养殖业，物质多层利用，过腹还田，是经济合理的。

建区前全区仅有大牲畜165头，猪400头，羊100只，户均大牲畜0.4头，猪0.9头，

羊0.2只，大牲畜头均耕地38亩，大牲畜、猪、羊混合头均耕地10亩。1982年后，实验区以贷款方式加强了畜牧业的发展，至1985年户均大牲畜约2头，猪约1.5头，羊1.5只，大牲畜头均耕地7亩，混合头均耕地2.5亩。按农民多年的实践经验，一头大牲畜每年可积造厩肥15方左右，一头猪可积厩肥12方，一只羊可积造厩肥10方左右，平均每混合头每年可积造厩肥12.5方，实验区每年每亩耕地可归还厩肥5方。

为促进畜牧业的进一步发展，应种植粮食和饲草两用作物，搞好青贮饲料，还应注意粮草间作和林草间作。

四、农田产量预测的非线性数学模型

根据陵县1951～1982年的数据建立了农田产量综合数学模型，该模型是利用影响该县历年粮棉油统算产量的34个因素数据系列，通过逐步回归筛选出与产量相关性最好的七个主要因素，建立了线性模型。

但是，考虑到农田产量与其影响产量各因素之间的关系非常复杂，实际上不一定是线性相关，建立的模型也可能是非线性模型。为了找到预报准确性更高的数学表达式，首先采用逐步回归选择函数类型，然后再用逐步回归建立非线性模型。

1.数据收集与处理

首先，收集了陵县1951～1983年共33年有关粮棉油作物产量、种植比例、气候、灾害、土地、农田有机能投入（劳力、畜力、种子、有机肥）、无机能投入（化肥、排灌用电、农机、燃油、农药）等统计、观测数据，然后逐项进行调查核实，淘汰了那些时间序列不全、可靠性较差的原始数据。其次，我们对各种数据进行处理，包括确定数据的适宜指标，进行数据合并、折算和因素数值化等等。主要方法是：（1)粮棉油产量是按国家统算总产标准折算合并的，然后按总播面积算成单产（1公斤皮棉＝8公斤粮食，1公斤花生＝2公斤粮食；1公斤芝麻＝4公斤粮食；全部折算成粮、棉、油统算总产量）。（2）气候因素大部分按气象资料直接引用，也有的进行简单计算（如水热积、蒸降比、灾害风）；（3）旱涝面积和有效灌溉面积按占总耕地面积百分率表示；（4）投入农田的劳畜力、农机、燃油和电都算成单位面积使用量；（5)化肥、有机肥、农药和种子用量等项，是根据陵县实际调查中获得的34个折算系数以及有关专业书籍的75个通用折算系数进行数据处理的；（6）盐碱危害、品种影响和政策影响三个因子，则根据历年实际情况，按虚变量设置（0为稳定或正影响，－1为负影响）。

2.选择函数类型

为了把过去建立的产量线性模型改为更准确的非线性模型，必须先选择函数类型。初步拟定出六种函数形式，即从X_i、X_i^2、X_i^3、$\sqrt{X_i}$、$\mathrm{Exp}(X_i)$，$1/X_i$中进行选择（$i=1、2、\cdots\cdots，34$）。把每一种函数形式作为一个因子项，利用逐步回归进行筛选，把选出的函数类型作为这个因素与产量相关的函数形式。

通过逐步回归选择，得出了所有影响产量的自变因子（X_1、X_2、X_3、……X_{32}、X_{33}、X_{34}）的最显著函数形式，汇总成表6-7。

3.建立非线性回归方程

按照选出的函数形式，将每一个影响产量的因子与产量（因变量）进行逐步回归。

表6-7 函数形式和自变量

最显著相关的函数形式	影响产量的自变量
X一次形式共19个因素	X_1（年平均气温°C）；X_2（≥0°C积温）；X_3（≥20°C积温）；X_4(年降水量，毫米）；X_5（早季3～5月降水量）；X_6（汛期6～9月降水量）；X_7（水热积10^3度·毫米）；X_8（蒸降比）；X_9(耕地面积变化率)；X_{10}(受旱受涝面积%）；X_{11}（旱涝成灾面积%）；X_{12}（旱涝成灾率）；X_{14}（盐碱危害，虚变量）；X_{15}（灾害风危害，次数）X_{28}（磷肥，P_2O_5，斤／亩）；X_{29}(种子用量，斤／亩）；X_{30}（品种影响，虚变量），X_{32}（复种指数，%）X_{34}(政策影响，虚变量）
X^2二次形式共5个因素	X_{13}^2（涝灾成灾率，）；X_{17}^2(畜力，头/亩)；X_{18}^2(农田机械，马力/亩)； X_{23}^2（施肥总量，纯养分，斤/亩)；X_{31}^2（农药施用量，化学纯，斤／亩）
X^3三次形式共5个因素	X_{16}^3(劳力，劳力／亩）；X_{19}^3(机耕面积，%）X_{21}^3(排灌用电，度／亩）； X_{24}^3（有机肥 N，斤／亩)；X_{27}^3（化学氮肥，斤／亩）
$\sqrt{X}$ 平方根形式	$\sqrt{X_{20}}$（柴油用量，斤／亩；）
EXP（X）指数形式	$e^{X_{22}}$（有效灌溉面积，%）；$e^{X_{25}}$（有机肥P_2O_5，斤／亩） $e^{X_{26}}$（有机肥K_2O，斤／亩）
1/X 倒数形式	1/X （粮棉种植比）

其步骤是首先根据因子数和样本数确定F值（查表），然后通过PDP11／34A计算机进行逐步回归，逐个筛选和再检验，把不显著的因子剔除，最后选出全部使回归方程最显著相关的因子，从而得出陵县农田产量的非线性数学模型：

$$y = 107.82 - 0.5587x_{11} - 0.0072x_{32}^2 + 22.9507x_{14} + 7996.43x_{16}^3 + 0.7047X_{21}^3 + 0.1265x_{23}^2 + 138.43\frac{1}{x_{33}} \quad (1)$$

式中：y——粮棉油统算单产（斤／亩）；x_{11}——旱涝成灾面积（%）；x_{13}——涝灾成灾率（%）；x_{14}——盐碱危害（虚变量）；x_{16}——劳力（劳力／亩）；x_{21}——排灌用电（度／亩）；x_{23}——施肥总量，纯养分（斤／亩）；x_{33}——粮棉种植比。

按F = 42*进行逐步回归得出此方程，复相关系数R = 0.997。

利用这个非线性回归模型计算的历年产量与实际产量进行对比，平均偏差为4.7%；而在这33年中相对误差≥10%的只有5年。

4.影响产量的主导因素

从方程（1）可以看出，影响陵县农田产量最显著的自变因子有七个：属负相关的有旱涝成灾面积、旱涝成灾率和盐碱危害（为虚变量负相关）；属正相关的有劳力、排灌用电量、施肥总养分数量（即$N + P_2O_5 + K_2O$）和粮棉种植比。其中除旱涝成灾面积和盐碱危害两项为线性表达式外，其他均为非线性表达式。

为便于和该非线性回归方程进行对比，我们在建立模型时，还根据这套数据计算出农田产量的线性回归方程。

$$y = 11.0844 + 5665.89x_{17} + 41.4185x_{21} + 19.8446x_{28} + 36.3427x_{34} \cdots\cdots \quad (2)$$

式中：y——粮棉油统算单产（斤／亩）；x_{17}——畜力（头／亩）；x_{21}——排灌

用电量（度／亩）；x_{23}——磷肥（P_2O_5斤／亩）；x_{34}——政策影响（虚变量）。

按F＝4.2*进行逐步回归得出此方程，复相关系数R＝0.98。

公式（2）表明，该线性方程选出的自变量因子只有4个，由于因子间的交互作用，与产量呈负相关的因子均未选出，除排灌用电量在两个公式中均有反映外，其他因素都不相同。从上述两个方程对比可知，线性方程不如非线性方程选出的因子多，它比非线性方程少选出3个因子。

5.偏差分析

农田产量数学模型精确度如何，关键在于计算产量与实际产量的平均相对误差的大小。非线性回归方程（1）的平均偏差为4.7％，且在33年中相对误差≥10％的只有5年；而线性方程（2）的平均偏差为15％，在33年中相对误差≥10％的有18年，远远不如非线性方程的精度高。国内许多学者的研究表明，在农业这个复杂的大系统中，年平均偏差只要不超过15％，其模型就基本上达到允许标准。因此，我们计算出的陵县农田产量非线性数学模型，其精确度非常高，完全符合要求。

6.产量预测的可行性

非线性模型是一种因果模型，是根据多年与产量的显著相关因素计算出来的，有较高精度，可以用来预测预报农田产量。从公式（1）看出，如果能够根据长期天气预报较准确地确定陵县未来年份的旱涝程度，并估计出将来的盐碱危害情况，再按照该县农业规划中预算投入农田劳力、排灌用电数量和施肥总养分量并控制粮棉种植比例范围，逐一代入方程（1），则可以计算出今后不同年份的粮棉油作物产量。代入的数据越准确，则预报的农田产量与实际产量就越符合客观实际。

第二节　鲁北禹城河间浅平洼涝盐碱土综合治理

禹城县实验区地处黄淮海平原鲁北地区，属于半干旱、半湿润的气候，是个历史悠久的灌溉农业区。这里土地平坦，土层深厚，现有耕地约13.9万亩，灌溉面积近10万亩。同时灌区光、热充足，适宜发展粮、棉、油等农作物，增产潜力很大。但是，在发展灌溉中，长期引黄河水灌溉，且大水漫灌，灌排失调，致使灌区土壤盐碱化迅速发展。耕地中盐碱地面积由50年代的25％增至60年代的80％，长期以来农业生产发展很慢。

为了促进农业生产发展，探索盐碱地综合治理的经验和科学依据。从1975年以来，在过去科学研究基础上，采用井灌、沟排、平地、培肥、建立林网和调整种植结构等措施，建立综合治理实验区。经过近10年的努力，获得良好的治理效果，经济效益显著，土壤盐碱化得以控制。

一、自然环境条件

1.气　候

实验区地处鲁北内陆黄泛平原，位于北纬36°56′，东经116°38′，属华北半干旱、半湿润季风气候，光热资源丰富。年平均每平方厘米太阳辐射量130～140千卡，每亩地年接受的太阳能达8.99亿千卡。年平均气温13.1°C，平均月最高气温27.1°C，最低

-3.4°C；10°C以上积温4469°C；日照时数达2644.2小时，无霜期206天。这些光热资源能满足各种作物以及林、果高产的要求。

区内年平均降雨量633.2毫米，最大降水量1144.4毫米，最小248毫米。年内雨量分配不均，春季占全年降雨量的11%，夏季占68%，秋季占17%，冬季占4%，70%的雨量集中于7、8、9三个月。年蒸发量2529.1毫米，相当于降水量的四倍。由于春季风多风大、蒸发量大、相对湿度小的气候特点，结果形成了春旱、夏涝、晚秋旱的旱涝交替过程，造成了盐碱化的发生，构成了农业生产上的主要障碍因素。

2.地　下　水

区内地下水埋深在一年内随大气降水量发生相应变化。7～9月份雨量较多，补给多，水位高。最高水位出现在8月份，平均埋深1.54米，最低水位出现在6月份，平均2.79米。一年内地下水变动范围因灌溉和土壤性质不同而异。目前实验区地下水埋深有三种状况：已改好的非盐碱地地下水位埋深为2.87～3.50米；基本改好的井灌区为2.50～2.89米；以引黄水为主以井水为辅的井灌区为1.87～2.45米。潜水矿化度为1～3克／升，其中1～1.5克／升占总面积的40%，1.5～2.0克／升占总面积的21%，2～3克／升占总面积的20%，大于3克／升占总面积的13%。

3.灌　　溉

实验区浅层含水层属于晚第四纪黄河冲积层砂层，并有两条古河道自西南向东北延伸，富水性强，水量丰富，水质良好，矿化度仅0.2～1.28克／升。目前已建机井1000余眼，井深40～50米，深者达100米，井距250～300米，单井出水量每小时50～80立方米。这一井群能保证适时提水灌溉，增强抗旱能力，同时可以淋洗土壤上层盐分和控制地下水位。

4.排　　水

实验区四周环绕沟渠，东西部有新、老赵牛河，北部有徒骇河，南部有神屯新河，是一个封闭的、有排水出路的独立排水系统，雨季没有地面客水流入。目前已建成完整的排水系统，疏浚加宽、加深了老赵牛河、施女河、丰产河等排水骨干河道，开挖了支、斗、农、毛排涝排碱沟4166条，总长1157公里。整个实验区初步形成沟网体系，能有效地控制涝水，并能排除土壤盐分，汛期降低地下水位。

5.土　　壤

全区土壤母质属于黄河冲积物，按其性质分有潮土、盐碱土两大类型以及潮土、盐化潮土、盐化土和碱化土四个亚类，按其土壤质地划分有粉砂壤土、轻壤土、中壤土、壤粘土等。

6.植　　被

区内植被主要是各类作物，包括小麦、玉米、高粱、谷子、地瓜、豆类以及棉花、红麻和各种果树与林木等，还有自然植被。

区内现有排水系统、机井集群和丰富的地下水资源、良好的植物群落等，为实验区改造与建立稳定的农田生态系统提供了基本条件，这是有利的方面。但是，目前区内地下水位下降不稳定，土壤盐分仍有回升的可能性，土壤有机质含量低，营养元素缺乏，农、林、牧、副各项组成不协调等，使各项农业生产发展比较缓慢。因此，应以生态学观点对实验区农田生态系统失衡的原因进行分析，抓住主要矛盾，始能更准确地进行改善与调控。

二、土壤盐碱化原因的分析

1.干旱与湿润交替，造成易旱易涝

实验区地处黄淮海平原的鲁北地区，属半干旱半湿润季风气候，年降雨量600多毫米，水面蒸发2529.1毫米，干燥度在1.5～1.7之间，是构成该区土壤盐渍化的气候条件（表6-8）。

表6-8 实验区1951～1980年降雨量（毫米）分配表

季节分配	春季(3～5月)		夏季(6～8月)		秋季（9～11月）		冬季(12～2月)		全年雨量
	降雨量	占全年(%)	降雨量	占全年(%)	降雨量	占全年(%)	降雨量	占全年(%)	
30年平均	74.2	11.7	437.4	69.1	104.6	16.5	17.1	2.1	635.2

其中：春季降雨量小于50毫米10次，占统计年的37.03%；

夏季降雨量大于200毫米15次，占统计年的55.56%；

秋季降雨量小于100毫米10次，占统计年的37.03%。

从表6-8看出，年降雨量分配不匀，春季雨量占年雨量的11.7%，秋季雨量占年雨量16.5%，夏季雨量占年雨量的69.1%。从蒸发量的资料看，年累计蒸发量2529.1毫米（水面蒸发），月最大蒸发量(6月份)为391.6毫米，月最小蒸发量为57.4毫米，蒸发量大于降雨量4倍多。说明干旱与湿润有明显的差异。干燥度春、秋季最大，为1.5～2.5，盛夏干燥度为0.5～0.7。据县气象资料，1949～1970年较大旱涝灾害15年，其中旱灾6年，涝灾9年，较小旱、涝灾害年年发生。

2.水土不协调，造成土壤盐渍化普遍发生

（1)水文状况　水文状况包括地表水和地下潜水，它直接干预着土壤盐渍化的发生、发展与演变。因此，分析了解该区地表水出流状况和潜水性状及动态，是研究这个地区盐渍土改良利用途径与技术措施的主要依据。

实验区地表水主要来源于引黄总干在本区的二条分干渠以及横贯于本区、以及区内一些自然河沟等。由于区内地面迳流量小，仅占年降雨量的20%左右，80%的降雨补给了土壤和潜水，造成地下水位高，而水分绝大多数消耗于蒸发，成为土壤盐渍化的主要条件。

治理前实验区地下水埋深在2米左右。这个阶段地下水位高的原因，主要是1972年实验区西部潘庄引黄总干渠建成放水后，实验区通过六分干和黄庄分干连续三年大量引黄灌溉。由于当时田间工程不配套，土地不平整，灌溉管理不善，大引大蓄，地下水急剧上升，1974年全区地下水平均埋深1.90米，比引黄前的1971年上升了0.20米。另外，由于本区地势低洼，河、沟排泄沥水的能力低，导致了雨后潜水回降缓慢，容易发生内涝。如1974年降雨547.4毫米，7月份一个月降雨139.5毫米，最大一日降雨73.8毫米，结果涝灾严重，仅伦镇乡受灾面积达3万亩之多，占总收获面积的51.6%，其中因受灾颗粒不收的面积1.5万亩，严重的影响了农业生产。

其次，潜水是土壤盐渍化发生过程的主导因素。在自然条件下，实验区潜水的特点

是埋藏浅，具有不同程度的矿化，属降雨、蒸发的垂直运动型。本区潜水矿化度与潜水埋深、地形地貌、地下水流条件有直接关系（表6-9）。

表6-9　实验区潜水埋深、矿化度与环境条件的关系（1976年）

潜水埋深(米)	潜水矿化度(克／升)	海拔高度(米)	地貌类型	土壤类型	分布规律	约占全区面积(%)
1～2	2～3为主 1.5～2次之	21.5～23	沿河低洼地	盐渍土	老赵牛河两侧低洼地	15
2～2.5	1～1.5为主 1.5～2次之	23～24	低平地局部洼地	盐渍土 局部潮土	中部浅平地	55
2.5～3	1～1.5为主 1.5～2次之	23～24.5	局部高岗	盐渍土、潮土	北部平缓地	20
>3	1～1.5为主	22～23.5	沿河两侧低岗地	潮土	施女河两侧	10

从表6-9看出，本区潜水矿化度分布，北部施女河两侧为1～1.5克／升，中部丰产河以东1.5～2.0克／升，局部2～3克／升，南部大多为1.5～2克／升，局部2～3克／升。本区潜水化学类型大致可划分为三类。

第一类型属碱性水质：以HCO_3^{-}-$Na^{+}Mg^{++}$与HCO_3^{-}-Na^{+}为代表，在本区占大多数，约50%左右。

第二类型属中性水质：以$SO_4^{=}HCO_3^{-}$-$Na^{+}Mg^{++}$与$SO_4^{=}Cl^{-}$-$Na^{+}Mg^{++}$为主，约占20%左右。

第三类型属盐性水质：以$Cl^{-}SO_4^{=}$-$Na^{+}Mg^{++}$与Cl-$Na^{+}Mg^{++}$为主，约占30%左右。

从上面所列资料表明，本区潜水化学类型有下面主要特点。

①阳离子以Na^{+}或Na^{+}、Mg^{++}为主，这是黄泛平原低平地区地下水长期矿化作用及土质粘重、代换性Na^{+}含量较高所造成。一般情况下阴离子应以Cl^{-}或$SO_4^{=}$为主，但本区大部分是HCO_3^{-}，矿化程度虽不高，但其与Na^{+}或Na^{+}、Mg^{++}结合形成碱性水质，是本区在低矿化度1～2克／升条件下能够形成岗碱地的盐分特性。

②在盐渍化程度较高的地段，强溶性氯化物占主要地位，反映出水平排水条件差，土壤脱盐不快。

③三种水质在一定条件下是互相转化逐渐过渡的，不是孤立存在的。

总之，潜水化学性质是随着各种条件的影响（如灌溉排水等）可以不断的变化，各种阴阳离子随时可以迁移与累积。

(2)成土母质状况　成土母质是土壤形成的基本条件，它决定着土壤形成后的特点和演变趋势，同时决定着盐分的迁移与累积。本区成土母质为黄河泛滥沉积物质，这种沉积物的特点是，颗粒组成以0.05～0.002毫米的粉砂为主，其次为0.1～0.05毫米的细砂。在这个地区广泛分布着以粉砂粒为主要成分的粉砂壤土，这种粉砂壤土的水分物理

特性是毛管孔隙发达或适中，水分上升高且流量大。这种土壤性质在蒸发量大的干旱气候条件下，比较容易产生盐分表聚性强的特点。

成土母质的另一个特点是由于受古河道迁移和河道多次泛滥的影响，沉淀物质重叠沉积，造成土体结构复杂，砂粘层相间分布。同时由于受地形起伏影响，使水盐迁移发生水平运动和垂直运动的差异，结果形成片状或斑状盐渍化。

实验区总土地面积130平方公里，耕地面积13.9万亩。其中属粉砂壤质土壤约有7万多亩，约占50%左右，主要分布在本区西部与南部；轻壤质面积近4.5万亩，约占35%左右，主要分布在北部和中部；其余为壤质土，少部分壤粘土。从土壤性质看，多数为轻砂壤质土，毛管活动强烈，具有易旱易盐碱的特性。

(3)土壤养分状况　农田生态系统中一个最核心的问题，是物质循环中的生物量还原问题，即有机无机营养元素归还问题。究其原因，无非是有机无机营养元素归还量少。由于土壤营养物质消耗多，累积少，土壤有机质累积量低，氮、磷元素含量必然缺乏，势必影响土壤肥力，结果出现土地愈种愈瘦的弊病。

根据1976年土壤普查结果，实验区耕地不同养分水平如表6-10。

表6-10　实验区土壤不同养分水平的耕地比例

项目	面积（亩）	高	中	低	备注
有机质（%）	面积	8,118	27,424	83,247	高>1.0%；中0.6～1.0%；低<0.6%
	%	6.85	23.08	70.07	
全　氮（%）	面积	7,673	3,4120	78,530	高>0.06%；中0.05～0.06%；低0.05%
	%	6.38	28.36	65.26	
全　磷（%）	面积	11,746	7,234	40,341	高>0.10%；中0.08～0.10%；低<0.08%
	%	9.08	59.72	31.19	
水解氮（ppm）	面积	14,835	13,932	80,902	高60；中30～60；低<30
	%	13.05	15.78	71.17	
速效磷（ppm）	面积	—	1,907	111,832	中5～10；低<5
	%	—	1.68	98.32	

表6-10资料表明，实验区土壤有机质含量多数处于低水平，含量<0.6%者占70%以上，全氮含量<0.05%者，占65.26%。土壤全磷量比较高，含量在0.08～0.1%以上占68%，但是，速效磷含量很低，绝大多数含量在5ppm以下。概括起来，土壤有机质含量低，氮素不足，磷素（速效磷）奇缺，土壤潜在肥力较低。分析有下面几个原因：

①农作物每年所产生的生物量（秸秆、根茬等）很少，且大部分都随作物产品带出农田生态系统以外。

②随着土地利用率提高，自然植物群落的生物量日趋减少，加以群众挖根拾茬做烧柴之用，能残留的物质数量大大减少。

③畜牧业没有得到应有的发展，不能提供大量有机肥料，而且施用化学肥料数量少，

补偿量不足，造成土壤营养元素长期亏缺。

④本区历来种植小麦、玉米、高粱等高秆耗肥作物，固氮作物减少，造成作物需肥与土壤供肥严重失衡，养分支出量大于收入量，使绝大多数土壤营养元素长期得不到补偿，必然处于饥饿状态。

3.农、林、牧、副比例失调，经济收益低

实验区治理前缺乏对农、林、牧、副全面规划和安排，片面强调以粮为纲，忽视了全面发展，存在重农轻牧，对林业等多种经营资源合理利用不够。长期以来，农牧业生产虽有一定的发展，但速度缓慢，群众生活尚存在一定困难。（1）粮田面积过大。实验区耕地面积13.9万亩，粮田面积就安排10～11万亩，经济作物（如棉花、油料等）面积只占很少比例，且多系一年一熟或二年三熟，还有一部分荒地或撩荒地，客观上对发展农业生产不利。另一方面，过去本区粮食单产水平很低，如小麦从1975～1979年单产一直未超过150公斤，玉米平均200公斤，棉花平均单产皮棉不到10公斤。粮食单产水平低的原因是多方面的，主要是由于旱涝灾害，保灌率低；土壤肥力低，有机质缺乏，加上豆类作物很少，用地养地问题没有得到解决。（2）畜牧业发展也很缓慢。实验区长期以来，大小牲畜总数1万头，每头牲畜负担13.9亩耕地，养猪业发展也不快，1975年以前全区生猪总头数1.74万头，平均每亩仅有猪0.13头。由于产量低加之饲草缺乏，影响畜牧业发展。

调整前，农、林、牧、副等项发展严重失衡，林业收入只占3.5%左右，牧业仅占0.3%左右，经济收入主要靠粮食约占85%。这一结构不能充分发挥本区自然资源好的优势，各项产业不能有机配合，相互促进，结果是粮食上不去，经济收益差，生态系统处于恶性循环，直接或间接地影响着土壤盐碱化发生与演变。

三、综合治理技术与效果

1.综合治理的主要措施

从研究旱、涝、盐碱、瘦的自然规律出发，采取以打井（浅、深机井）抗旱灌溉，降低地下水位；挖沟排水排盐；种植绿肥，培肥土壤；建立农田林网和改革种植制度等措施，改善生态环境，达到调控水、盐平衡和改善农田生态系统的目的。具体做法是：

（1）根据实验区浅层地下水源水质良好的特点（一般机井出水量每小时40～60立方米，水质矿化度1～2.0克／升），为了改善自然水盐运动状况，按照不同水文地质条件，机井出水量和满足作物灌溉要求，100～150亩设1口机井。机井出水量较小（每小时30～40立方米）的地区，井距适当密些。以浅机井为主，配合中、深机井。全区已设机井1050眼。为了提高机井出水量，机井结构采用真空井（对口抽），井口低于地面1米左右，机井密封深度10～12米。井管上部密封段用铸铁管与水泥管，下部滤水管全部采用水泥砾石材料，井管内径220毫米，井管周围均填以砾径2～3毫米的标准砂，作为反滤层。机井多用12马力柴油机带动水泵，提取地下水灌溉。

（2）在水利规划中，建立封闭的独立排水区，防止客水入侵。实验区四周河沟环绕，是一个客水不能入侵的独立排水区，在这个独立排水区内，又划分两大排水区：一是丰产河以西排水区，控制了8条东西支沟，将42平方公里流域面积的水汇集丰产河，向北直接流入徒骇河。二是丰产河以东排水区，挖掘6条东西支沟，将87平方公里流域面积

的水汇集于老赵牛河。为了控制洪涝水位，在丰产河入徒骇河的地方建闸一座，防止赵牛河河水倒流。同时，采用高水高排，低水低排，沟网分割，缩小流域面积为原则。全实验区开挖支、斗、农、毛沟4166条，总长8566公里，土方1200万立方米。还将全区土地划分为3650块，缩小汇水面积，加快地面迳流，有利排涝改造盐碱。根据本区地形、盐碱程度和地下水出流差异，规定工程标准为：支沟间距2000米，沟深3～3.5米，底宽2～4米，边坡1：25～1：30。斗沟间距1000～2000米和500～1000米两种，沟深2～3米，底宽2米，边坡1：2～1：3。农沟间距500米，沟深1.5～2米，底宽1～2米，边坡1：1.5～1：2。毛沟间距100米，沟深0.8～1.0米，底宽0.8米。

(3)为了加速盐碱地的改造，在搞好灌排工程的基础上，进行培肥土壤、平整土地、建立农田林网和种植结构调整等农业生物措施。建区初期（1975～1979年），发展绿肥面积3.5万亩，平整土地4万亩。种植结构上发展以两粮一肥（夏玉米间作田菁），一麦一肥（田菁），一年二熟用地与养地相结合的种植方式，复种指数大大提高，既增加了地面覆盖度，又提高了土地利用率。按照园林化的要求，从1975年以来，在沟渠路旁大搞植树造林，种植乔木林480多万株，灌木150多万墩（主要是紫穗槐），种植果树4000多亩，建立苗圃3000多亩。由于发展绿肥和植树造林，既改善了农田生态环境，又解决了部分烧柴问题，腾出一部分秸秆还田，逐年增加了有机肥料的来源。

2.盐碱地综合治理的作用与效果

土壤水、盐运动的调控，就是通过人工措施，调节区域水量平衡和降低地下水位及毛管蒸发面，从方向上和数量上控制和改变积盐过程为脱盐过程。

改善与调控水、盐平衡，从水平方向来看是解决水的输入量与输出量之间的平衡，减少来水量，或者增多出水量。从垂直方向来看，是降低地下水位，减少土体盐分积累量。目前实验区采用井灌（浅井为主）沟排（深浅沟）工程体系来改善与调控区内水、盐平衡，从试验研究资料和实践证明，效果显著。

(1)井灌沟排对水量、盐量的调控　调控区内水量平衡，一方面要减少区域内来水量（主要限制引黄灌溉），另一方面要加强排沟排水作用。实验区治理初期（1974～1976）连续三年大量引黄灌溉，除了施女河以北地区外，几乎都引黄河水，每年引水量大约在1200～2000万方以上。由于当时工程不配套，排水能力差，造成区内来去水量失衡，地下水位急剧上升。1976年以后完成了1200余万方排水工程和1000多眼井灌工程，大力发展井灌，控制引黄，引水量逐年减少，使引黄灌溉面积由6万多亩缩小到2.5万余亩，大大改善了区内水的均衡状况。实验区历年引水量见表6-11。

为了进一步了解区域内水量均衡状况，根据降雨量、引水量、河沟侧渗量及潜水入流量，按不同平衡期，进行概算见表6-12。

从水量平衡概算中可以看出，区内水量的增加主要靠大气降水和地表水（引黄），水量的损失主要靠蒸发和地表水流出。从各期平衡概算中看出，潜水调节贮量有很大差别，这对降低地下水位有直接关系。第Ⅰ平衡期潜水调节贮量只减少627.0万方水，反映出在较大面积范围内对降低地下水位的作用是微小的，第Ⅱ、Ⅲ平衡期由于控制引黄水量，完善排水工程，增加机井数量，坚持以井灌为主，结果使潜水调节贮量大大减少，与第Ⅰ期相比减少1～1.5倍，这对降低地下水位有利。因此，实验区多年地下水不断降低，并稳定在一定深度，与潜水贮量多少有直接关系。

表6-11　实验区历年引水灌溉情况

年份	引水量（万方）	灌溉面积（亩）	年份	引水量（万方）	灌溉面积（亩）
1975	2500	66700	1980	1000	23500
1976	2200	60000	1981	1000	25000
1977	2000	55000	1982	705	30000
1978	1000	45000	1983	750	25000
1979	1000	33000	1984	700	26500

表6-12　实验区分期水量平衡概算表

要素		Ⅰ 1974～1976	Ⅱ 1977～1979	Ⅲ 1980～1982
来水量（万方）	降水	1295.0	1284.6	985.2
	地表水流入	1800.0	1000.0	758.0
	河沟侧渗	634.0	634.0	634.0
	潜水流入	0	0	0
	合　计	3729.0	2918.6	2377.6
去水量（万方）	地表水流出	1000.0	2200.0	1500.0
	蒸　发	3356.1	2626.74	2139.84
	潜水流出	0	0	0
	合　计	4356.1	4826.74	3639.84
潜水调节贮量		−627.1	−1908.4	−1262.24

注：（1）面积100平方公里；（2）每平方公里排水量按10、22、15万方计算

另外也看出，在目前调控水量平衡过程中，水量的损失还有很大一部分靠蒸发，这对盐碱地改造不利，今后还应继续搞好排水工程，加强地表迳流量。

在评估实验区13.9万亩耕地土壤盐分变化过程，应该考虑水平方向和垂直方向两方面。所谓水平方向即为区域内盐量收支平衡状况，反映出历年盐碱地面积变化。垂直方向即为土体盐量增减状况。

①水平方向盐量平衡状况。计算水平方向盐量，主要是根据雨季河沟排盐试验资料，按照来水量与去水量的多少而算出盐量平衡状况。我们根据1978年6～9月份降雨367毫米，产生迳流量64.3万方，带走盐分444吨，每方水带走盐量0.69公斤来计算区内各

期盐量平衡，见表6-13，表6-14。

从上面资料看出，各期排出的盐分除第Ⅰ平衡期外，第Ⅱ、Ⅲ平衡期均大于流入盐分（超过1.5倍左右），有利于本区土壤脱盐。

从实验区治理前后盐碱地面积变化来看是相一致的（见表6-15）。治理前全区盐碱地11万亩，经过几年治理后1985年只剩下盐碱地1.2万亩，减少9.8万亩，减少89.0%，效果显著。但是，如何进一步巩固和提高现有水利工程的作用，继续改造盐碱地，仍然是一项重要任务，一旦疏忽，盐碱化仍有发展的趋势。

②垂直方向盐量平衡状况。井灌、沟排体系调控水、盐均衡的作用不仅反映在水平方向，同时也反映在对土体盐分的调控方面。表6-16为区内12个长期土壤观测点治理前后的盐分贮量变化。

表6-13 各期盐分流入量

项目＼平衡期	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ
来水量(万方)	3729.0	2918.6	2372.6
盐　量(万吨)	843.4	627.2	472.0

表6-14 各期盐分流出量

项目＼平衡期	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ
排水量(万方)	1000.0	2200.0	1500.0
盐　量(万吨)	500.0	1760.0	1050.0

注：(1)来水中降水矿化度0.053克／升；(2)引黄水矿化度0.54克／升；(3)排水量中每$1m^3$水中含盐量0.25,0.40,0.35公斤；(4)计算面积100平方公里。

表6-15 实验区盐碱地面积变化（亩）

项目＼年份		治理前	治理后			
		1976.6	1979.6	1981.6	1983.6	1985.6
盐碱地	轻　度	26403	22000	20730	14500	6230
	中　度	20000	7500	5000	3700	3250
	重　度	15000	5500	3270	2800	2520
	盐荒地	5000	1200	0	0	0
	总　计	66403	36200	29000	21000	12000
非盐碱地		72597	102800	110000	118000	127000
合　计		139000	139000	139000	139000	139000

从表6-16的资料可以看出，实验区经过几年井灌、沟排体系的运转，土壤脱盐效果显著，尤其是耕层脱盐更为明显。土体原始盐量越高，脱盐率也越高，反之，原始含盐量低的，脱盐效果差些。第四年与第六年脱盐效果最好，另外，各点盐分动态年际间存在差异，但其趋向是减少。土体脱盐效果是好的，脱盐深度可达2.0米左右。

(2)井灌、沟排对地下水的调控。根据多年定位点观测资料分析，实验区经过井灌、沟排体系的运转，尽管区内有部分地区引黄水灌溉，但从1975年以后坚持以井灌为主，严格控制引水，区内地下水明显下降，并相对的稳定。

①机井抽水对地下水位的调控。实验区从1975～1980年共打机井1050眼。由于每年春灌期间（3月上旬至6月下旬）大量提水，每眼机井每次抽水4000方左右，一眼井一年大约可提水1.6万方，若按机井利用率70%计算，一年可提供14万多方水，对降低地下水

表6-16 实验区盐碱地治理前后土壤盐分贮量变化

地点 \ 含盐量(%) \ 层次(厘米) / 年份	0～30		0～100		0～200	
	1974年6月	1980年6月	1974年6月	1980年6月	1974年6月	1980年6月
郑 庄	0.144	0.115	0.159	0.147	0.136	0.151
南北庄	0.141	0.065	0.114	0.058	0.102	0.062
郎 屯	0.162	0.096	0.134	0.108	0.120	0.099
于 庄	0.282	0.104	0.213	0.129	0.182	0.138
太 合	0.484	0.130	0.284	0.146	0.205	0.192
阎 庄	0.207	0.069	0.171	0.116	0.158	0.133
天宫院	0.152	0.287	0.158	0.161	0.156	0.126
王子付	0.122	0.115	0.100	0.113	0.095	0.124
荣 庄	0.084	0.202	0.089	0.137	0.099	0.121
马 庄	0.161	0.062	0.154	0.069	0.128	0.075
三里东	0.471	0.279	0.259	0.224	0.190	0.192
张风吾	0.117	0.079	0.095	0.066	0.086	0.054
盐分贮量(吨)	52776.38	33516.75	160001.8	113923.6	274288.8	232549.2
1980年比1974年减少(吨)		19259.63		46078.2		41739.6
减少(%)		36.49		28.11		15.22

位有很大的作用。

根据设在井灌区的打渔张、石屯、郑庄和引黄水灌区的燕寨、戍庄、小付以及非灌溉区的张风吾、神屯长期定位观测点1977～1979年地下水位的月平均值，分别绘制地下水埋深过程线图，从图6-2看出，井灌区地下水埋深月平均值均比引黄灌区和非灌区深。这就明显地看出井灌抽水调控地下水的作用。

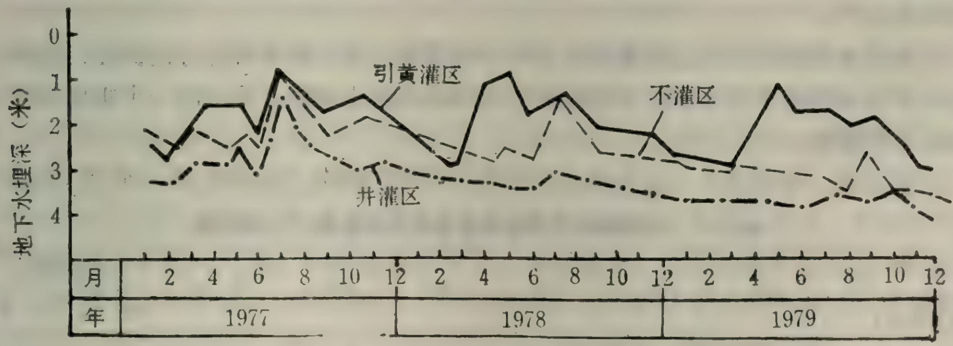


图6-2 实验区1977～1979年地下水埋深过程线（月平均值）

②排沟对地下水的调控。本区排沟对地下水位的调控，主要是干、支二级排沟，可以降低两侧地下水位，降低的深度和远近，取决于河沟的深浅（或河沟水位高低）。在本区井灌条件下，春季地下水位低，河沟降低地下水的作用很小，河沟降低地下水位主要表现在夏秋两季。

如老赵牛河水位低于地面3.9米，单侧影响地下水位的下降范围在500米以外，为沟深的128倍；水位低于地面5米，单侧影响地下水位下降范围在880米以外，为沟深的176倍。支沟水位低于地面2.5米时，单侧影响地下水下降范围200米，为沟深的80倍（粉砂壤土地区，排水沟单侧脱盐范围一般是沟深的100倍）。排水沟的另一个作用是汛期降雨后迅速排除地面水，防止内涝。根据1977～1978年观测结果，有排水沟的地区，在排水沟影响范围内的地段，2～3天便下降到地面以下0.5米。无排水沟的地方或在排水沟影响范围以外的地段，地下水位下降到0.5米则需要15天左右。由此说明，河沟对降低地下水位，调控水盐均衡效果是明显的。

③农田林网对水、盐的调控。盐碱化的发生、发展与这个地区气候干旱有密切关系，在强烈蒸发影响下，土壤强烈积盐。因此在综合治理过程中，如何改善小气候环境，减少蒸发强度也是一项重要工作。建设农田林网既可改变农田小气候，又能起到生物排水的作用，从而降低地下水位，改造盐碱地。实验区在搞好井、沟水利工程的同时，建立农田林网。到目前为止，全区已基本上实现了农田林网化，共有林地面积2.5万亩，其中用材林7400亩，桐粮间作6000亩，果园5000亩。全区共栽乔木400余万株，林木覆盖率已达12%，根据山东省林科所观测资料，五年生的八里庄杨和八年生的柳树单株年蒸腾量分别可达9.3和8.1吨，每公里林带年排水量分别可高达5.1万吨(约5500株)和2.4万吨(3000株）。由此可见，它对降低地下水位，调控水量均衡，作用很明显。试验结果证明，11行五年生八里庄杨林带，在作物生长季节里，林带内比附近农田地下水位一般平均低0.14～0.20米，影响范围一侧可达70～80米。

在盐碱地区发展林木生产，它的效益是多方面的，除能改善生态环境，治理盐碱，提高作物产量外，还能充分利用盐碱地区的土地资源，提供大量木材和其他林副产品，为四化建设积累资金。

(3)改善与调节土壤与作物间的养分平衡，培肥土壤。改善土壤与作物间的养分平衡，改善农田生态系统中最本质的物质循环和能量转化的过程，揭露存在于这一系列中物质循环的规律和特点，以达到减少物质循环中的损失，增加能量转化，提高利用率，增加农业生产。

①增加有机物质还田。土壤有机质对于调节氮、磷、钾各种养分的供应，改善土壤物理化学性质具有重要作用。其含量的高低则是判断土壤肥力状况的一个重要标准，对产量有直接影响。

试验表明，每年投入一定数量有机肥料可以增加耕层土壤有机质、全氮含量，增

表6-17　施用有机肥对土壤耕层有机质含量(%)的影响

有机肥施用量(万公斤)＼年份	1981	1982	1983	1984	1985	平均	与对照比	
							增加	%
对照	0.69	0.68	0.69	0.73	0.78	0.714	/	/
1	0.86	1.14	1.16	1.40	1.53	1.218	0.504	70.58
0.5	0.74	0.91	0.98	1.08	1.08	0.958	0.244	34.17
0.3	0.69	0.77	0.86	0.87	1.07	0.852	0.138	19.32
0.2	0.71	0.72	0.87	0.88	0.91	0.818	0.104	14.56

加多少与有机肥数量有密切关系。不论施用有机肥数量多少，均比单施化肥效果要好（表6-17、6-18）。单施化肥也可以增加有机质，但其增加量有限。因此，从提高土壤有机质角度来看，仍然要提倡以有机肥料为主，配合施用化肥。

表6-18 施用有机肥对土壤耕层全氮量（%）的影响

有机肥施用量(万公斤) \ 年份	1981	1982	1983	1984	1985	平均	与对照比	
							增加	%
对照	0.044	0.050	0.055	0.056	0.055	0.052	/	/
1	0.064	0.077	0.083	0.093	0.097	0.083	0.031	59.60
0.5	0.064	0.061	0.079	0.077	0.072	0.071	0.019	36.50
0.3	0.051	0.654	0.073	0.062	0.075	0.063	0.011	21.15
0.2	.050	0.051	0.072	0.061	0.069	0.061	0.009	17.30

为了在较大面积内培肥土壤，在实验区万亩方内推广构头李村施肥方法，这个村每年施用有机肥料，以秸秆还田为主，配合施用化肥，在安排上按各30%比例，其中秸秆还田二年轮换。经过二三年时间，使土壤肥力发生了显著变化，产量大幅度上升。现将万亩试验方1976与1981年耕层土壤有机质变化列于表6-19。

表6-19 万亩方1976年与1981年土壤有机质含量比较

分级 \ 面积 \ 年限	1976.6		1981.10		1980年与1976年相比(+、—)	
	面积（亩）	占%	面积（亩）	占%	面积（亩）	占%
低（<0.6%）	8324.7	70.07	800.0	5.52	−7524.7	−75.90
中(0.6～1.0%)	2742.4	23.08	103270.0	71.60	+7627.6	+76.15
高（>1.0%）	811.8	6.85	3200.0	22.98	+2385.2	+23.85

从表6-19看出，土壤有机质含量得到很大改善。1976年绝大多数土壤耕层有机质含量在0.7%以下，1981年升至0.8～1.1%以上。与1976年相比大于1.0%增加17.0%，0.6～1.0%增加53.07%。说明由于几年来抓了培肥措施，土壤肥力有一定程度提高，一些原来低、中肥水平上升到中、高肥水平。

1981年对万亩方150个分析样品进行统计，求出全部样品有机质与全氮、有机质与速效氮的相关系数和回归方程，均达到显著水平。在有机质、全氮与速效氮几个养分因素中，有机质是主要矛盾，这就为确定土壤培肥方向和选择培肥措施提出科学依据。因此，要提高土壤氮素的总贮量，从长远观点看，就必须从增加土壤有机质着手。

②增施化学肥料。改善与调节农田营养物的输入与输出平衡关系，着重要了解和估算一个地区农田营养物的增加与耗损的情况，最后进行平衡计算，看看在这样一个生态系统中的物质循环是增加了还是减少了，从而采取相应的措施，加以调节控制。

从1976年农田养分输入与输出情况看，农田养分收支发生严重失衡。但在有机肥料来源有限的情况下，通过增施化学肥料来改善养分收支平衡，也是一条可行途径。万亩

方内在增施有机肥料基础上，增施氮、磷化学肥料来补偿不足的需要量，按N、P比1：0.5施标准氮肥50公斤、磷肥25公斤，经过二年实践，效果明显。氮、磷要素归还率与1976年比1979年增加67.0%和54.43%，1981年又增加到78.29%和84.34%，作物产量有了较大幅度增加。由此可见，在有机肥数量暂时不足情况下，辅以增施化学肥料来调节养分收支平衡，同样有重要意义。

但是，从整个实验区农田营养物输入与输出情况看，与万亩方相比，仍然存在严重的失衡。虽然这几年抓了培肥工作，作物产量有了一定提高，1981年平均单产300多公斤，比1975年治理初期增长了一倍多，但增长速度还是相当缓慢。这说明了盐碱地初步得到改造后，要想迅速增加产量，培肥工作成为首要任务。

改善农田营养物平衡，其实质是如何合理用地与养地的问题。在目前耕作制度下，用地与养地很不协调，用的多养的少。结果造成营养物输入与输出失衡，产量低落。一个生产村如何根据每年可以还田的有机物（有机，无机肥料）数量，合理安排种植（用地）来改善与调节输入与输出均衡问题，对提高产量，培肥土壤也有密切关系。

如实验区南北庄村有345口人，耕地1000亩，1979年以前每年粮食作物面积700亩，占70%。由于有机肥料数量有限，每年约有30%耕地施不上有机肥料，虽有化肥补充，还是满足不了作物对肥料的需要，营养物输入与输出严重失衡，结果几年来产量停留在350公斤上下。1980年以后调整了用地面积，粮食作物由原来700多亩压缩到400亩。由于用地面积减少，保证每亩地施有机肥0.5万公斤左右，化学氮肥50公斤，磷肥25公斤，结果，大大改善与调节了土壤与作物间养分平衡，输入量大于输出量，或者保持平衡，结果产量每年上升，突破了千斤关，同时培肥了土壤。根据1981年在该村农田20个地块养分调查结果，耕层（0～20厘米）有机质含量大于1.0%的耕地占85%，小于0.8%的占15%，全氮、速效磷也相应增加。但是，目前这个村每年向农田投入的营养物，化学肥料占的比重大，成本高。今后随着地力提高，应以多施有机肥料为主，化肥为辅。

在改善营养物的输入与输出数量平衡的同时，还需要调节主要营养物氮、磷、钾三要素间的比例。实验区近几年虽然注意了增施化学肥料，但是，氮素肥料与磷素肥料的比例不协调，氮素肥料高于磷素肥料几倍，以至几十倍。从实验区1979～1982年购进氮、磷化肥数量看，氮素化肥共1800吨，磷肥250吨，比数是1：0.13，因此，影响了单位氮素化肥增产作用的发挥，使氮肥利用率降低。目前整个实验区土壤普遍存在严重缺磷，约85%以上的土壤耕层速效磷含量低于5ppm。就是培肥土壤比较好的万亩样板方

表6-20　高产土壤与低产土壤养分平均含量比较

生产水平＼养分	有机质（%）	全氮（%）	速效N（ppm）	全磷（%）	速效磷（ppm）	全盐（%）
高产田	1.08	0.080	43.90	0.156	9.14	0.075
低产田	0.712	0.053	32.80	0.137	5.45	0.166
相差	0.368	0.027	11.10	0.019	4.46	−0.096
相差（%）	51.70	50.90	33.8	13.90	81.83	−54.8
低产/高产(%)	66.6	66.2	75.0	88.0	54.83	221

土壤缺磷也是严重的。根据1981年10月万亩方农田养分调查，将高产田与低产田地块样品分析化验结果列入下表6-20，6-21。

表6-21　土壤磷分级结果比较表

生产水平＼项目	有机磷（ppm）	Al-P（ppm）	Ca-Ⅰ P（ppm）	Ca-Ⅱ P（ppm）
高产田	134.40	21.90	4.54	91.36
低产田	91.15	7.96	2.21	43.25
差　值	43.25	13.94	2.23	48.11
相差（%）	47.50	175.10	96.50	111.20
低／高(%)	67.80	36.30	50.90	47.30

从表6-20和6-21资料可以看出，低产田不仅速效磷含量低(有的样品小于5 ppm)，有效磷后备资源也较缺乏，其中有机磷含量仅占高产田的67.8%，Al-P占36.3%、Ca-IP占50.9%、Ca—ⅡP占47.3%。这就充分说明对于大部分低产田磷素供应不足，已成为影响产量的重要限制因素。增加土壤磷素，提高其有效性是急待解决的问题。尤其对于那些不仅速效磷严重缺乏而且缓效性磷素也比较少的中低产土壤，解决磷素供应问题，对提高土壤肥力，增加产量十分必要。

因此，为建立稳产、高产的农田生态系统，必须处理好用地与养地的关系。培养地力尤为关键，而增施有机肥料和磷肥，又是培养地力的主要措施。

3.农、林、牧合理配置，增加经济收入

实验区经过综合治理后，旱、涝、盐碱已初步得到解决，对发展农业生产起到了积极的作用，粮食产量逐年有了变化，各项经济效益也随之增加。例如，综合治理前的1974年，粮食平均单产为137.5公斤，到1979年粮食平均单产增至237.5公斤，增长了57.89%，平均每年递增11.6%左右。总收入1975年为353.06万元，1979年为481.57万元，五年累计增加128.51万元，增长36.39%。社员每人平均收入1974年为44元，1979年为100元，增长78.57%。经济收益在数量与增长速度上都是比较缓慢的。

分析原因有二：一是农业生产结构单一，片面强调以粮为主，未能建立一个农林牧相结合的农田生态系统；其次是在过去建设中只注意开河、挖沟、打井等水利工程措施，忽视了培肥、造林、绿肥等生物措施，没有发挥植被在生态系统中的作用。因此，尽管搞了许多水利工程措施，但因植被覆盖率低，起不到综合调控自然环境的作用。根据实验区实际情况，应从下面几方面进行调整。

(1)在搞好粮食生产的同时，适当扩大经济作物。由于农业生产本身的特点决定着农业对环境条件的依赖，水、土、光、热、气等自然资源，无一不对农业有决定性的影响。实验区长期以来，对农业生产的特点缺乏认识，片面强调以生产粮食为主，忽视了经济作物的发展，结果长期以来粮食上不去，经济收入处于低水平，社员生活仍然比较困难。

1979年以前粮食作物用地占56～63%左右，经济作物用地不到10%。同时在粮食作物种植中又以小麦、夏玉米（少量春玉米等）为主，复种指数偏高，此二种作物又是需水需肥作物，加以肥料跟不上，造成用地与养地严重失调，产量上不去。1980年以后，

进行了种植用地调整，将粮食作物用地压缩到46%左右，经济作物用地增加到15%以上。

从农业总收入与土地生产率比较看出，1980年后进行调整种植，粮食作物用地比调整前减少10～15%左右，土地生产率由1980年的每亩46.83元，增加到1985年的292.19元，增长5.23倍。

（2）大力发展林、牧业　实行农、林、牧、副相结合的农业经营方式，是高效能生态系统的核心组成部分，是增加实验区经济收益，从根本上解决燃料、饲料、肥料三料矛盾的有效措施。从生态学观点看，一个结构合理、生物产量多的农田生态系统，应该包括森林生态系统。发展林业除了能增加木材蓄积量、提供烧柴外，还能净化空气，美化环境，防风固沙，调节气候，涵养水源，降低地下水位，减少土壤盐分累积，增加抗击灾害性天气的能力。

1979年以前，实验区每年经济收入主要来源于农业，年平均在84%左右，林、牧、副等收入占16%左右，其中林业收入占2～4%，畜牧业占不到1.0%，副业等10%左右。1980年以后，调整了林、牧比例，使农业生产总值大幅度增加。

四、灌溉水质对土壤碱化的影响

国外，在评价水质时，多注重低矿化水钠的危害并对其钠的含量作出严格的限定。认为灌溉水中可溶性钠百分率(SSP)小于65%，不会有碱化危害，大于80%不宜灌溉，大于90%就会使土壤直接产生碱化过程。从实验结果可以看到灌溉水质对土壤ESP值的影响，不但与其钠的相对含量（SSP）有关，而且也与其绝对含量有关。所以评价水质的钠害问题时，在考虑钠的相对含量的同时，也要考虑钠的绝对含量。

1.灌溉水质对土壤pH值的影响

灌溉水中残余碱度的正值越大，灌后蒸发量越大（表现为$\frac{Cs}{Ciw}$值越大），土壤的pH值就越高，而负值有相反的趋势（见图6-3）。图上点的曲线可分为两段：从横座标的负值到零，这一段曲线的斜率较小，从零到正值，斜率明显增大，将这两部分的点分别进行回归，得到了两个不同形式的回归方程。

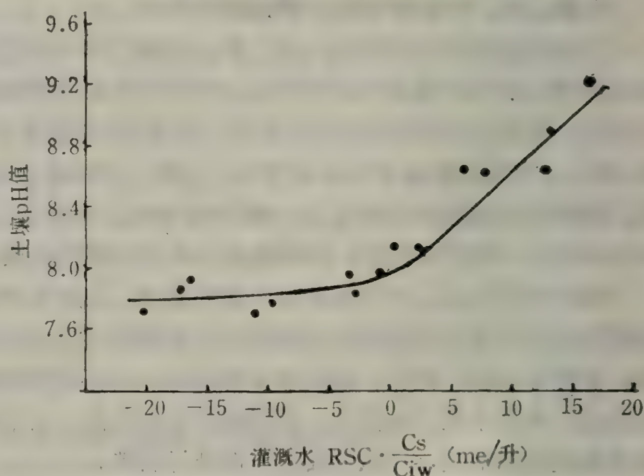


图6-3　灌溉水中RSC$\frac{Cs}{Ciw}$与土壤pH值的关系（土样B，淋洗19次后）

从负值到零：$pH = 8.32 + 0.008X^*$　$(r) = 0.786$

---

*　$X = \frac{Cs}{C_{iw}} RSC$

从零到正值：$pH = 7.93 + 1.28\lg X \quad (r) = 0.958$

土壤的pH值在6～10之间，主要由土壤溶液中的碱性离子（$HCO_3^- + CO_3^=$）的浓度决定。在石灰质土壤中，据化学平衡原理推导，可得到如下的计算pH值公式：

$$pH = 7.83 + \lg[HCO_3^- + CO_3^=] - \lg PCO_2 + \lg \gamma HCO_3^-$$

在土壤中CO_2分压不变，活度系数一定或忽略的情况下，土壤的pH值就和土壤中的总碱度（$HCO_3^- + CO_3^-$）的对数呈正相关。但是，上式中的总碱度是指土壤溶液中的浓度。灌溉水中的碱性离子进入土体中，会发生一系列的化学反应和其他变化，而影响碱性离子浓度大小的主要反应是产生碳酸盐沉淀或溶解土壤中的碳酸盐，以及通过蒸发和作物蒸腾导致水分的减少，总碱度的增加。用残余碱度与浓缩倍数（$\frac{Cs}{Ciw}$）的乘积来表示灌水中碱性离子进入土体成为土壤水后的总浓度，当其值为正时，表示灌溉水直接将碱性离子带入土体中，正值越大，表示进入土体中的碱性离子的浓度越高，土壤的pH值就越大。当残余碱度为负值时，表示灌溉水中的Ca^{++}、Mg^{++}离子和土壤中的碳酸根反应产生碳酸盐沉淀，减少了原土壤中的碱性离子浓度，降低了土壤的pH值。负值越大，土壤的pH值就会越低。由于$CaCO_3$、$MgCO_3$沉淀的产生受溶度积、pH值、CO_2分压综合作用的影响，同时，灌水中的Ca^{++}、Mg^{++}也要和胶体上吸附的Na^+发生交换，这就减少了土壤中碱性离子浓度变化幅度，所以残余碱度从零到负值，这一段的斜率较小。

三种不同质地土壤pH值和灌溉水中钠浓度之间的关系，经计算相关系数分别为0.52、0.69和0.745，都未达到显著相关水平。所以，在使用含有中性钠盐水进行灌溉期间，其钠盐浓度对土壤的pH值没有显著影响。因为不同浓度的中性钠盐水并没有直接影响土壤中碱性离子浓度的大小，同时，较高的电解质浓度抑制了胶体的水解反应。

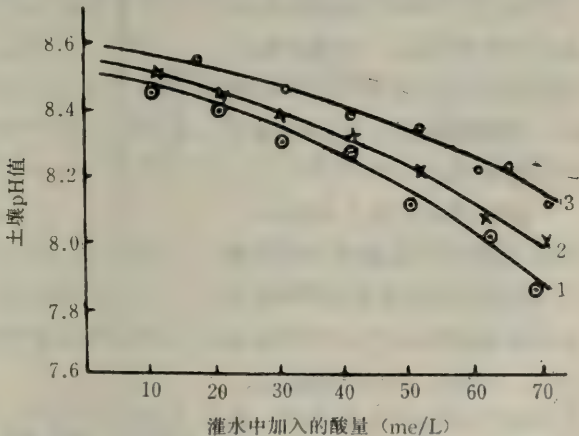


图6-4　碱性灌溉水中加硝酸对土壤pH值的影响
1.砂质壤土　2.粘壤土　3.壤质粘土

2.碱性灌溉水中加硝酸对降低土壤碱化度的作用

在碱性灌溉水中，加入无机酸后，砂质壤土、粘壤土和壤质粘土的pH值都有所降低，但每种土壤下降的幅度不同（图6-4）。砂质壤土加不同量酸的pH值平均降低了0.32个单位，粘壤土降低了0.26个单位，壤质粘土降低了0.21个单位。虽然质地越粗，pH值降低的量越大，但是，它们之间的差值不大，主要是三种土壤都含有大量的$CaCO_3$所致。尽管每个处理增加的硝酸量是等当量的，但pH值减少的绝对量差异较大。三种不同质地土壤的共同特点是：加酸量10me／L～40me／LpH值下降幅度小，以后下降幅度增大，因为少量的无机酸首先和土壤中的碳酸盐类等物质反应，减少了pH值的下降幅度。

随着灌溉水中酸量的增加，在土壤pH值下降的同时，土壤中Ca^{++}的浓度也增加。Ca^{++}浓度的增加是灌溉水中的酸增加了碳酸盐的溶解度。灌溉水中加不同量的酸比不加酸的三种土壤Ca^{++}浓度平均增加了0.236me／100克土、0.214me／100克土和0.211me／100克土，但它们的增量很接近（图6-5）。

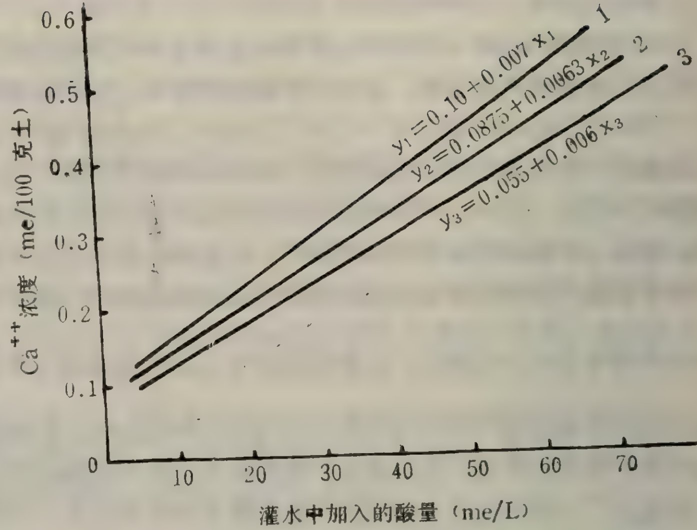


图6-5　灌溉水中加硝酸对土壤Ca^{++}浓度的影响

土壤中Ca^{++}浓度的增加，降低了土壤溶液的SAR，结果减少了土壤的ESP值。图6-6是灌溉水中加入硝酸的量与土壤ESP关系的回归直线，三种土壤都达到极显著的负相关。图中砂质壤土和粘壤土的斜率相似，而壤质粘土的斜率较小，说明了加同样的酸，质地较粗的土壤ESP值下降的幅度大。

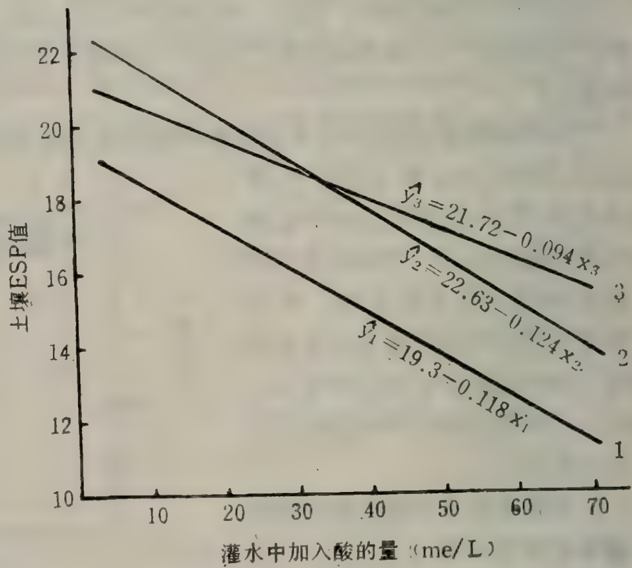


图6-6　碱性灌溉水中加不同量的硝酸对土壤ESP值的影响
1.砂质壤土　$r_1=-0.957$　2.粘壤土　$r_2=-0.966$
3.壤质粘土　$r_3=-0.945$

碱性灌溉水加入硝酸后，表层土壤ESP值降低的幅度大，随着深度的增加，ESP值降低的幅度逐渐减少，到30厘米深度，和原土壤ESP值接近，在40厘米深度，反比原土壤ESP值高。这主要是上层代换出的钠离子和可溶钠离子淋洗到下层，增加了土壤溶液的ESP值，导致了土壤ESP值的增大。由于0～20厘米是影响作物生长发育的主要土层，作物的根系也主要分布在这个层次之中，这个层次土壤结构状况对土壤的渗水速率也有重要影响。Miyamito等试验了灌水中加入硫酸后，不同深度土壤ESP变化情况，和上述结果相似。

Prather证实了在石灰质土壤中，应用硫酸比应用等当量的石膏和$CaCl_2$有更好的效果。

第七章　治理开发的经济效果及其评价方法

第一节　治理开发的投资经济效果

一、黄淮海平原治理开发效果

黄淮海平原的农业生产条件，已得到了显著的改善。随着对黄淮海平原各水系的治理，以及对地表水和地下水资源的开发利用，水浇地面积由1952年的1400多万亩，增加到1985年的11952万亩（缺天津资料）。这对于抗御干旱灾害，保证农作物的稳产高产起了决定性作用。而且由于在农田水利建设上实行了灌排结合，以排定灌、平整土地，种植绿肥、增施肥料等农业生物措施与工程措施相结合的综合治理，盐碱地面积逐渐减少，盐碱程度也有所减轻。

过去黄淮海平原农作物产量低而不稳的重要原因之一，是土地瘠瘦，肥力不足。绝大多数耕地土壤有机质含量低于1%，全氮约0.06%左右，且严重缺磷，速效磷含量低于5ppm。在农田基本建设中，各地通过广开肥源，增施农家肥和化肥，以及科学施肥，合理调换作物茬口，改进土壤耕作技术等培肥土壤措施，从而促进了农作物产量的提高。

黄淮海平原各地通过因地制宜地采取农田水利工程措施、生物措施、耕作栽培措施等综合措施，迅速地扩大了旱涝保收的稳产高产田面积。据统计，近几年来黄淮海平原的稳产高产田约占全部耕地面积的三分之一，对保证农业生产的稳定发展起着重要作用。

森林覆盖率也有了提高。随着农田林网、农林间作、四旁植树和成片造林的发展，森林覆盖率已从解放初期的不足3%，增加到5%以上，这对于防御自然灾害，改善生产条件，促进生态平衡，提高农作物产量和农业的全面发展以及增加收入，日益发挥着重要的作用。

随着农业生产条件的改善，粮、棉、油产量大幅度提高。黄淮海平原1952年粮食总产量为253.15亿公斤，亩产59公斤，棉花总产量5.47亿公斤，亩产16.5公斤，油料7.65亿公斤，亩产45公斤。到1985年，粮食总产量增加到735亿公斤，亩产231.5公斤，分别增长184.7%和292.4%；棉花总产量增加到23.6亿公斤，亩产53公斤，分别增长331%221.2%；油料总产量增加到28.5亿公斤，亩产101.5公斤，分别增长273.5%和128.1%。其他作物产量，也有了很大的增长。这对于农村经济的全面发展起了重要的促进作用。不过，由于缺乏系统、全面的投入产出数据，所以对于建国以来整个黄淮海平原治理开发的投资经济效益，尚不易作出较准确的分析测算。

二、低产田治理实验区的投资经济效果分析

建国以来，国家和各级政府，在对黄河、淮河和海滦河进行大规模的治理和农田基本建设的同时，还先后在黄淮海平原各地建立了一大批低产田综合治理实验区（站），经过广大科技工作者的长期努力，为黄淮海平原中低产田的综合治理作出了示范，积累了经验，取得了成效。为系统研究分析这些实验区治理开发的经验和投资经济效果，1984年中国农科院农经所组织了五省二市二十个综合治理实验区（站）进行了协作研究。这些实验区的基本情况，按治理面积的大小为序排列列于表7-1。

表7-1 黄淮海平原部分综合治理实验区（站）基本情况

所在省、市	实验区简名	耕地面积(亩)	投资总额(万元)	投资水平(元／亩)	建区时间	治理年限
1.山东禹城	禹　城	139000	1298.82	93.4	1975	10
2.河南开封	惠　北	84168	312.86	37.2	1980	5
3.河南商丘	李　庄	74500	300.56	40.3	1978	7
4.河南尉氏	大　马	71040	633.06	89.1	1964	21
5.河北吴桥	杨家寺	27298	412.53	151.1	1971	14
6.河北南皮	南　皮	18659	148.82	79.8	1974	11
7.江苏大封	斗　龙	17468	447.96	256.5	1973	12
8.河南开封	朱仙镇	14183	105.37	74.3	1981	4
9.江苏睢宁	王　集	11900	115.57	97.1	1979	6
10.山东广饶	打渔张	9964	36.79	36.9	1978	7
11.江苏盐城	新　洋	6523	48.08	73.7	1960	25
12.山东陵县	陵　县	6200	114.06	183.9	1972	17
13.河北深县	后　营	3633	67.84	186.7	1964	21
14.安徽睢溪	张　楼	2965	36.10	121.8	1970	15
15.河北曲周	张　庄	2632	60.15	224.3	1973	12
河北曲周	王　庄	2580	39.57	153.4	1978	7
16.北京通县	永乐店	1691	46.03	272.2	1976	12
17.天津大港	潮宗桥	1200	19.55	162.9	1979	6
18.天津静海	府君庙	1200	23.25	193.8	1975	10
19.山东寿光	杨　庄	1000	10.26	102.6	1979	6
20.安徽涡阳	老龙窝	861	25.36	294.5	1970	15

根据上述各种不同类型实验区的情况，并参考"华北平原农业项目"和"河北农业发展项目"有关资料，我们对黄淮海平原中低产田治理的投资水平、投资使用结构以及实验区治理开发的经济效益，进行了以下的概括和分析：

首先在投资水平上，过去的经验表明，由于具体条件不同、治理措施不同和设计思想不同，每亩治理投资相差悬殊、多在90～240元之间，平均每亩需要150元上下。其中砂姜黑土100～140元左右，风沙土80～120元左右，盐碱土需100～240元左右。

其次，在投资的使用结构上，根据各实验区投资的实际使用情况，以及“华北平原农业项目”和“河北农业发展项目”的有关资料分析，黄淮海平原中低产田治理开发的投资使用结构大致应该是：

土方工程（包括排灌）	占15～30%
渠系配套	占10～15%
机电井	占10～40%
农电	占 5～ 7%
机械	占 5～10%
农业措施	占 4～ 6%

第三，分析表明，各实验区治理开发的投资效果一般是良好的。因为各实验区无论在生产条件的改善上，在粮棉油等产量的提高上，以及人均占有量和人均收入水平的递增速度上，均取得了明显的变化，多数实验区在许多生产和经济指标上，都赶上或超过了黄淮海平原的平均水平，有些实验区甚至还赶上或超过了全国的平均水平，

例如在粮食总产量的增长速度上，1975年以后建区的9个实验区，有7个实验区粮食总产量递增速度在6.85～17.72%，而同期全国和黄淮海平原地区年递增速度仅分别为4.07%和4.94%。1975年以前建区的11个实验区，有9个实验区粮食总产量年递增速度在5.38～13.36%，而1965～1984年全国和黄淮海平原地区递增速度分别为3.96%和5.14%，实验区的粮食总产量增长速度遥遥领先。粮食单产的年递增速度情况也大体类似。上述数据和情况说明，大多数实验区的粮食生产有了很大的改观。

又如在人均占有粮食水平上，上述的二十个实验区在建区以前，只有4个同时超过当时的全国和黄淮海平原的平均数，另有两个超过黄淮海平原的平均占有量。但是到1984年止，已有10个实验区人均占有粮食超过500公斤，既超过了黄淮海地区的平均462.5公斤的水平，也超过了全国平均483公斤的水平。同时，还有3个实验区接近或超过了黄淮海平原地区的平均数。这从另一个侧面说明，实验区的低产田经过综合治理，在解决当地人民的温饱问题上，取得了良好的效果。

此外，由于整个黄淮海平原经过长期的综合治理，按农业人口计算的平均粮食占有量，也发生了可喜的变化。例如到1984年底，这里的人均占有水平虽然仍低于全国的平均数，但是从1965年以来，它们的差距已经大大缩小了。1965年，黄淮海平原粮食人均占有量仅为全国平均数的77.3%，到1975年已上升到90.7%，而在1984年，则更高达95.8%。这说明，整个地区的人均粮食占有水平状况，已有了很大的改善。

再从人均收入水平来看，全国农民人均收入按当年价格计算，由1978年的133.6元增长到1984年的355.3元，年递增速度为17.7%（如果按不变价格，根据国家统计局的资料，年递增速度为15.0%）。但在二十个实验区中，按当年价格计算，共有10个实验区的人均收入年递增速度在19.83～44.01%之间，超过了全国农民人均收入年递增速度。共有14个实验区的人均收入，超过了355.3元的全国水平，另有3个实验区的人均收入在330～350元之间，接近了全国的人均收入水平。由于各实验区原来都是些产量和收入很低的贫困地区，目前能够有70%的实验区超过这一水平，这就充分说明，实验区的综合治理，对农民收入的增加，起了决定性的作用。

最后，着重对各实验区的投资经济效果进行分析，分析采用如下七个指标

单位投资净增实物量

单位投资新增收入

投资收益率

投资回收期

　净现值

　收益费用比

　内部收益率

在以上七个指标中，前四个指标是静态分析，后三个为动态分析。所以选用这些指标来分析评价农业建设项目，是由于我国的社会主义经济建设，要求综合地提高生态效果，社会效果和经济效果，而不是把赢利或其他某个方面作为唯一的目标。不过，应该指出的是，三个动态分析指标，它们也不是简单地以某一个指标来反映投资的经济效果的，只是内部收益率较为通用。

表7-2　各实验区投资经济效果

实验区名称	单位投资净增产粮食（公斤／百元）	单位投资新增加收入（元／百元）	投资收益率（%）	投资回收期（年）	净现值（万元）	收益费用比	内部收益率（%）	备注
老龙窝	86.8	52.9	12.50	8	396.13	2.65	47	砂姜黑土
张　楼	79.4	42.2	7.69	13	275.65	3.07	51	砂姜黑土
朱仙镇	26.1	98.0	33.33	3				风沙土
富各庄	8.4	38.6	3.33	30	8.75	1.07	6	以下为盐碱土
王　庄	100.9	45.6	16.67	6	187.21	2.72	44	
张　庄	80.4	30.3	10.00	10	234.74	3.39	38	
南　皮	43.3	32.3	9.09	11	855.40	2.05	39	
杨家寺	39.6	10.7	5.59	18	600.25	2.41	17	
后　营	87.3	21.9	5.26	19	146.92	2.12	9.5	
惠　北	167.7	76.0	20.00	5				
李　庄	129.3	36.5	16.67	6	2709.80	3.14	39	
杨　庄	68.9	43.9	20.00	5	94.54	4.03	39	
打渔张	182.1	51.2	14.29	7	244.70	1.88	45	
禹　城	82.3	38.5	11.11	9	11524.89	2.51	35	
陵　县	42.9	20.2	8.33	12	255.50	2.04	26	
新　洋	97.2	70.0	14.29	7	548.61	2.01	55	
斗　龙	47.2	31.9	14.29	7	3031.18	2.32	23	
王　集	317.6	41.8	7.78	13	177.93	1.90	32	

注：1.表中的净现值统一折算到1980年；2.表中各实验区按砂姜黑土、风沙土、盐碱土为序排列；盐碱土又以各省市为单位投资回收期的长短为序；3.以投资回收期为序，是由于这一指标是我国工农业基本建设经济效果最常用的指标，可以较为简明而综合地反映出资金的利用效果。

将上述动态指标用于评价投资经济效果，对于象实验区这样的独立项目，在正确确定了标准收益率的条件下，一般的判断标准是：接受净现值不小于零，收益费用比不小于1，内部收益率不低于标准收益率的所有项目。

根据上述七个指标的计算方法，编制计算程序，将各实验区的基础数据整理输入计算机计算，所得结果列表7-2。

对上表有关数据进行分析，可以得到以下几点结论：

第一，农业项目发挥最佳效益的时间，一般在项目开始执行后10～15年，而多数实验区的投资回收期在7～15年，证明它符合农业项目的一般规律。

第二，多数实验区每百元基建投资，平均每年可增收粮棉油统算实物量 90 公斤上下，或新增收入30～70元不等。

第三，从长远看，在农业项目的寿命期内（按30年计算），各实验区的净现值均大于0；收益费用比多在2～3之间，远大于1，内部收益率在30%上下，远远高于世界银行贷款项目要求不低于12%的标准。

就目前已知的一些情况看，黄淮海地区水利投资的收益费用比为2.33，华北平原农业项目《评估报告》的内部收益率为30%，河北农业发展项目的内部收益率为19%。联系这些情况可以说明，对中低产地区进行综合治理投资，一般均可取得较好的经济效果。从几个实验区的具体情况分析可以看出：

属于风沙土类型的河南开封朱仙镇沙区，是所有实验区中建区年限最短的，但三年就收回了全部投资。它们主要是发挥沙区优势，首先采用成熟、配套的“油水技术”，从狠抓提高当前生产和增加收入入手，先开发利用而后转入治本的农田建设，即选择了“用中求治”的道路，成效十分显著，是低产田治理开发的可贵经验。只是因建区年限太短，未能进行动态分析。

盐碱土类型的河北曲周张庄和王庄，是两代实验区，从七个指标全面衡量，它们的经济效果均较好，其指标值都比较高。尤其王庄属第二代实验区，吸收了第一代实验区张庄的经验教训，投资水平降低约32%，而且在七项指标值中有五个优于张庄，这一经验也具有普遍意义，值得进一步推广。

总结各实验区的实践经验可以看出，影响投资经济效果的因素很多，突出的是以下几个方面。

1.治理措施

以往实验区偏重于强调水利工程方面的治理措施，而不是采用工程技术措施、农业措施和生物措施相结合的综合措施；不强调抓当前生产，“用中求治”，而是偏重于先搞工程；在水利工程措施中，存在着标准过高和“重建设轻管理”的倾向，这就必然影响了投资的经济效果。农业生产和工业生产不同，是可以做到边投资、边生效，甚至当年投资、当年生效的。河南开封朱仙镇沙区三年收回投资就是一个突出的例子。因此应该改变在水利工程措施完成之前无所作为的做法，应该在进行工程建设的同时，根据当地的特点抓好当前生产，才能尽快取得良好的经济效果。

2.建设周期

一般说来，综合治理的投资，集中于五年内投入是比较理想的投入方式。如果从项目建设开始，十年八年长期连续不断地投入，各项工程始终不能配套和正常运行，则这

个项目往往是不会有良好的经济效果的。这方面比较明显的例子是河南尉氏大马乡，由于他们资金不足，无法集中投资、全面配套，并在短期内建成，所以从1964年到1983年长达20年之久，投资连续不断。虽然他们建立了一个良好的生态环境，但从经济效果上衡量，却测算不出明显的效益。

3.投资标准

在经济建设中，资金投入的边际收益是变化的，并非投入越大产出越多，或投资水平越高效益就越好。从各实验区的投资水平与新增收入的关系中可以看出，有不少投资水平较低的实验区，单位投资新增收入却比较高；另一些投资水平高的实验区，单位投资新增收入却并不高。这就说明，有些实验区投资水平偏高，反而未能取得良好的经济效果。因此，虽然前面分别提出了对各类低产土壤类型综合治理应有的大致投资水平，但在具体进行治理时，还要在充分了解当地资金效益的前提下，制定出一个适合当地的投资标准，才能取得资金投入的最佳经济效果。

4.管理体制

过去国营农业企业的生产费用占总收入比重，往往明显高于集体或个体农户。如北京通县永乐店农场富各庄实验区，历年生产费用占历年总收入的65%，江苏盐城新洋试验站为43%（均为简单平均），远比其余集体所有制实验区的相应比例高（半数以上实验区在33%以下），这样势必影响到经济效益的高低。

因此，国营性质的实验区，特别要克服体制和管理上存在的弊端，努力降低生产费用，发挥机械化程度较高、水利设施较好、容易接受新的科技成果等内在优势，才能使实验区更富有生命力。

5.农业结构与产业结构

合理的农业生产结构与产业结构，对提高综合治理投资经济效果和增加农民实际收入，具有重大影响。例如前几年由于棉花收购价格多次提高，所以棉花生产发展快的实验区，其收入的递增速度也高。不过粮食生产是农业的基础，因此不应该片面追求收入高的棉花或其他经济作物生产而放松粮食生产。应该在稳定发展粮食生产的同时，根据地区的优势和需求，进一步调整农业结构和产业结构，以促使经济全面发展和增加总收入，才是提高经济效果的正确途径。

以上各条，仅是影响各实验区投资经济效果的一些主要原因。由于各地的具体情况不同，应该从综合治理的实际出发，找出可能影响投资经济效果的具体原因，并提出可行的优化对策付诸实施，以进一步提高投资的经济效果。

第二节　加速中、低产地区治理的可行性及预测

黄淮海平原中、低产田的综合治理，与我国类似的其他地区相比较，具有得天独厚的有利条件。因为：（1)这里地势平坦，土层深厚，劳力充足；（2)气候适宜，雨热同期，降水适中；（3)地理位置优越，交通便利，工业、经济、技术、文化等基础条件较好；（4)农田基本建设已具有一定规模，治理难度相对较小，而增产潜力却较大；(5)各种不同类型低产土的综合治理实验区，已为本地区的农业生产建设提供了一套较为系统的科学技术经验等等。所以，在现有基础上优先把黄淮海平原建成为我国主要的农业

商品生产基地之一，意义重大，前景美好。

一、低产土壤面积及扩大治理投资估算

1.低产土壤的面积估算

按前述高、中、低产地区划分标准计算，中、低产地区的耕地面积约二亿亩，占黄淮海平原2.62亿亩耕地的76%。其中，粮食播亩单产低于175.5公斤的低产区耕地有9300万亩；粮食播亩单产175.5～250公斤的中产区耕地约1.03亿亩；粮食播亩单产高于250公斤的高产区耕地为6600万亩。根据1982年6月在山东省济南市召开的“黄淮海平原农业发展学术讨论会”及1985年5月在安徽省蒙城县举行的“砂姜黑土学术讨论会”所提供的有关论文资料，归纳起来，在9300万亩低产田中，盐碱地2690万亩，砂姜黑土2310万亩，风沙土1800万亩，旱薄地2500万亩。当然，在高产区和中产区也分布有一定数量的低产土；在低产区中也拥有一定数量的高产田。为便于叙述，特假定低产土均集中在低产区，仍符合总的趋势。盐碱土主要分布于冀、鲁、豫、苏。风沙土主要分布在河南、河北两省；砂姜黑土主要分布在皖、豫两省；旱薄地区多分布于河北省。

2.扩大治理的所需投资估算

(1)低产田治理所需资金总额　根据前述四类低产土面积分布及治理投资标准，按6800万亩盐碱土、砂姜黑土和风沙土，若在本世纪内对它们加以治理改良，预计共需投资92亿元。

(2)资金来源与筹集的可能　我国农田基本建设资金的来源，主要来自于国家财政预算、地方财政补贴、群众自筹和引用外资。

据水电部计划司资料，建国以来国家对黄淮海平原的水利建设投资，自1950～1983年的34年间，黄淮海地区五省二市水利基建投资与完成额达240.7亿元，占全国的43%。水利基建投资中，直接用于农田水利和水土保持及除涝、灌溉的投资完成额，平均占水利基建投资完成额的28%，年平均为1.7亿元，累计每亩投资为10元。从各个历史时期看，农田水利基建投资的比例逐步提高，如“三五”时期为25.7%，“五五”时期为41.4%。预计今后用于农田水利的投资占水利基建投资的35～40%是可能的。至于地方财政补贴，各地情况不一，且缺乏完整资料，较难推断。

群众自筹资金包括三方面内容，即劳务、现金和实物折款。在来源渠道方面，有个人和集体两个方面。

根据各个实验区的投资构成可以看出，群众自筹资金（含劳务折款）占总投资的13～90%，其中，以劳务折款为主，占自筹资金的10～100%，伸缩性较大。

从全国平均水平看，1978～1984年，农民人均年生活消费支出占纯收入的85.8%，可用于再生产的不足30元。一个农户以五口之家计算，每户生产资金仅150元左右，只能维持简单再生产。也就是说，农村自身扩大再生产的资金积累能力还是很有限的。不过，随着今后农业和乡镇企业的发展，以及收入的不断增加，只要措施得当，农民自筹现金，包括乡镇企业的“以工补农”资金占当年总收入的1～2%，使之用于农田基本建设还是可能的。与此同时，地方财政增加对农业的投入，以及进一步争取扩大利用外资的规模，也还是有相当大的潜力的。其中，在利用外资方面，1982年以来，为黄淮海平原低产地区的综合治理，已利用外资8500万美元，若包括无偿援助，合计在一亿美元以上，在

一定程度上缓解了建设资金不足的问题。

根据对建国以来农田水利基本建设投资等有关历史资料分析，只要国家能维持原有的农业基建投资所占总投资10%以上的比例，在到本世纪末工农业总产值翻两番的条件下，自1981～2000年的20年内，预计国家能为黄淮海地区五省二市提供水利基建资金累计应为156～187亿元。按面积比例分摊，用于黄淮海平原除涝、灌溉的农田水利建设资金，每年平均为1.9～2.2亿元，较建国三十年的平均水平增加20%。与此同时，省、地、县三级地方财政对农业、水利建设的投资，依据上述同样分析方法，在同期内，预计黄淮海地区五省二市将能为黄淮海提供农田基本建设资金每年平均约1.6亿元。

在农民自筹方面，如按农田水利建设占水利总用工的40%计，累计劳动工日年均为1.5～1.7亿个，可满足910～1020万亩低产田的改良任务，劳务折款为1.8～2.0亿元。同时在现金筹集上，如每年能有占农业总产值0.5%的现金用于农田基本建设，至2000年的年递增率按6.07%考虑，预计平均每年可提供3.9亿元。

按照上述设想，有三种情况：

第一，从黄淮海平原整个地区综合分析，改造6800万亩低产田，资金可以靠国家、地方及农民自筹共同解决，但这是在整个黄淮海平原可能筹集到的资金劳力全部集中使用在6800万亩低产田的条件下的设想。

第二，如果是按照谁受益谁负担的原则，按耕地面积比例分摊投资的话，那么，受益单位农民的自筹能力就只占总自筹能力的25.41%。这样，至2000年，短缺资金7.85亿元，短缺最大年份达2.24亿元。这也是在国家和地方分摊给黄淮海平原的水利建设资金，全部集中用于当年计划应改良的低产田面积条件下的设想。

第三，如果从全局出发，照顾到面上的需要，假定国家与地方的水利投资只有40%的资金用于重点建设地区，那么，至2000年，低产区共缺乏基建资金43.85亿元，最高年份达4.24亿元。

从整体考虑，第三方案较为现实，但这样每年平均短缺资金2.92亿元。为完成低产区的治理开发任务，这就需要国家和地方各级政府采取：(1)适当增加对农业的基建投资；(2)将现有财力、人力、物力适当集中于重点治理地区；(3)增加国内的低息农业基建信贷资金；(4)以较多的低息优惠外资用于低产地区的治理开发；(5)积极组织和引导农民增加劳动积累，增加乡镇企业的“以工补农”等来筹措资金。

二、扩大治理后农业生产发展预测

低产区经过治理开发，其农业生产发展和投资经济效益的前景如何，我们作了如下预测。

1.农业发展预测

主要是对黄淮海平原6800万亩低产土治理开发的前景进行了预测，同时也对整个黄淮海平原农业生产发展作了粗线条的预测。包括到1990年和2000年的粮、棉、油产量水平、作物种植、产值和产量等内容。

(1)预测方法和步骤　低产土开发治理的产量预测方法是，选择盐碱土、砂姜黑土、风沙土三种低产土类型相对较为集中的地区作为样本，以它们目前的产量水平作为产量预测的基础，并以实验区过去的产量增长水平作为参考依据，用定性分析与定量分析相

结合的方法进行。在步骤上：

第一，分别计算出样本与同类低产土实验区基期至1981年，及基期至1984年两个计算时段各类作物亩产量的年平均递增速度，前者称为“一速”，后者称为“二速”。

第二，分别计算实验区与样本两个速度的差值，作为“样本”投资治理条件下生产发展的依据参数。

第三，由于大面积治理受多因素的影响，因此，依据参数运用时有一定的缩值。缩值系数的大小则根据作物对不同土壤类型的适宜程度而具体选定。缩值系数变化较大，取值可在0.6～0.2之间。

第四，将缩值后的依据参数分别加到样本的“一速”与“二速”上，得到两个不同的年递增速度，前者为类型区亩产的年递增速度的“下限”，后者为它的“上限”。

用“上限”与“下限”这两个速度值乘以样本1983～1984年的平均亩产量数据，就可得到预测的亩产量。计算公式如下：

$$S = A\ (1 + P)^{T}$$

S——预测亩产量

A——基期亩产量

P——递增速度

T——年份　　(1984年为1)

把预测亩产量与《中国种植业发展结构模型》中提出的“定性预测法——产量界限的估算”里的单产界限值对照，结果基本吻合。这表明，前面的预测亩产量的处理方法是可行的。

其中对黄淮海平原产量预测，在建立黄淮海平原粮、棉、油三大类作物预测模型时，选取了若干典型年份，即1952、1957、1965、1970、1975和1978～1984年共12年的加权平均数作为资料系列（其中1978～1984年的资料与早期资料相比，则包含有更多的预测信息能），应用回归分析方法，以时间（年）为自变量（1952年X＝1），产量为因变量，建立回归方程进行预测。在棉花产量预测方程中，还加入了虚变量，三大类作物的产量回归方程分别如下：

$$y_{粮} = 44.85 + 0.505t^{1.65} \qquad R = 0.956$$

$$y_{棉} = 13.71 + 0.02t^{2} + 12.36k \qquad R = 0.955$$

$$y_{油} = 39 + 0.004t^{2.6} \qquad R = 0.88$$

y——作物亩产量　　(公斤／亩)

t——年份　　(1952年为1)

k——虚变量　　(1980年以前为0，以后为1)

在对种植业结构及农、林、牧、副、渔五业结构预测时，是以1984年为基础，根据地区的优势，并参照有关研究成果，分析近年农业的发展趋势，用常规的方法作出预测。

(2)预测结果　低产区的粮、棉、油单产水平的年递增速度低于实验区的历史增长水平，也低于低产区自身1979年以来的水平，而略高于1979年以前10～15年的平均增长水平。而黄淮海平原的产量预测与黄淮海平原低产区相比，前者粮食、油料亩产水平略高，后者棉花亩产高于前者。可以认为，所得结果与地域种植优势相符。

预测表明，黄淮海平原低产区经过治理，粮食总产量将从1984年的160.1亿公斤增至

1990年的240亿公斤和2000年的272亿公斤，年递增前5年为4.1%，后10年为2.9%；农业人口人均占有量从1984年的349公斤，增加到1990年的419公斤和2000年的506公斤；在1990年和2000年可分别提供商品量8.3亿公斤和57亿公斤；到1990年和2000年，棉花产量将比1984年增长6.02%和48.3%，达到9.7亿公斤和13.6亿公斤；油料增加1.2倍和2.27倍，达到10.9亿公斤和16.3亿公斤。届时农业总产值也将达到285.1亿元和570.2亿元，农业总产值占黄淮海平原中的比重将从1984年的26.2%上升到2000年的29.8%。

预测结果还表明，整个黄淮海平原的粮食生产商品率可从1984年的13.8%，提高到2000年的23.8%，在90年代期间，平均每年可向国家提供商品粮175.5亿公斤。到2000年，预测按1.84亿农业人口每人提供商品粮125公斤计算，可提供商品粮230多亿公斤。

三、扩大治理后的投资经济效果预测

低产田治理的投资经济效果预测，是以上述农业生产发展预测为依据：

(1)投资自1986年起至1999年终止。投资额为85.79亿元。

(2)粮、棉、油产量数据按前面预算结果。

(3)经济效果是扣除了正常生产水平的发展速度，即实物量按3%计算，收益按3.5%计算。

(4)收益不含副业。

预期投资经济效果如下：

单位投资净增农产品量为每百元38.75公斤；

单位投资年净增产值为每百元69.8元；

投资回收期为11年；

投资收益率为9.09%；

净现值为670.57亿元（按5%贴现）；

收益费用比为1.58；

内部收益率为25%。

上述各项指标与现在实验区的同类指标相对照表明，投资效果是好的，具有一定的可靠性。

对投资的敏感性分析表明，当收益每年减少10%，投资不变时，内部收益率为5%；当投资每年增加10%，收益不变时，内部收益率为24%。显而易见，收入能否得到稳定的发展，是治理开发成败的关键。因此，应把注意力放在提高产值收入上。

四、实现预期目标的若干条件

要实现上述目标，需要作出很大的努力。要广集财源，迅速改变落后的生产条件；要依靠科学技术，提高经营管理水平；要开展多种经营，增加农业产值；要有工业的支援，提供更多的现代化投入等等。总之，要加速黄淮海地区的农业发展，应根据当地的自然条件和社会经济状况，选好“突破口”，制订综合治理规划，经济合理地利用和开发当地资源，把资源的优势变成产品优势、商品优势和经济优势。因此，要使当年产品的生产从生产领域扩展到流通领域，需建立一系列的商品生产服务体系，提供科学技术、资金、供销、贮藏、加工、运输、市场信息和经营管理知识，各方协调，才能顺利实现。

1.广集资金，加速改善农业生产条件

黄淮海平原受旱、涝、盐碱威胁，生产条件较差。加速改善本地区的水利设施，改造6800万亩低产田，需92亿元的投资，其中国家投资占14.1%，地方投资占12.1%，农民自筹（含劳务）占26%。尚需贷款43.9亿元，占47.8%。

预测表明，农民现金投入占自筹的71.2%，年平均投入现金1.13亿元，计入劳务折款达1.6亿元，每个农业人口平均年负担3.5元，约占人均年收入的1%，如借款由农民负担，则约占人均年收入的1.5～1.8%。如采用合理政策与措施加以筹集，平均每年由每个农民负担4～5元的农业基本建设基金，切实做到专款专用，将是非常重要的。

至于差额部分：（1）可由国家和地方的财政支援保持在历史正常水平不再降低，甚至略有提高中补充；（2）可积极争取利用国内外优惠的信贷资金来补充；（3）从“以工补农”和发展地区间横向经济联系中解决；（4）制订工农业产品的合理价格政策，以增强农民自筹资金的能力。

2.充分发挥农业科技在农业中的作用

加强农业科学技术的应用研究，培育优良品种，引进和推广先进的技术，加强农业科学技术的普及教育，提高农民的科学技术文化素质；鼓励农业科技工作者到生产第一线，更好地与当地领导和群众共同搞实验、示范和推广工作。

3.积极开展多种经营，挖掘地方名优特产品，增加农业收入

多种经营是搞活农业的关键。在保证主导产业产品生产的同时，尽力发展其他农副产品的生产。对低产地区来说，要使油菜烟果药杂等各项经济作物和其他农副产品生产得到普遍增长，要重视综合利用和深加工，对于地方名优特产品的开发，要建立一套完整的生产、加工、销售体系。如河南的泡桐、山羊板皮、鸡心枣；鲁西北的黄牛、滨海的对虾、黑龙港等地区的金丝小枣、天津鸭梨等等，都应努力改进品质，做到适销对路，增强竞争能力，以增加农业收入。

4.增施肥料，以无机促有机，有机无机结合培肥土壤，提高地力

根据土壤理化性状、作物茬口及作物需肥情况，适时合理增施化肥，促使作物生长发育和生物量的增产，之后利用秸杆还田，或发展牧业“过腹还田”，以增加土壤有机质，改善其理化性状，提高地力，这是低产区应普遍重视的一条带有根本性的措施。

5.增加工业对农业的支援，搞好产前、产中、产后服务

大规模开发治理黄淮海平原低产地区，必须重视交通运输，能源加工，贮藏、化肥、农药、种子、植保等物资的供应和技术服务，并使购销网点合理布局，和各项建设协调发展。

第三节　农业建设项目投资效果评价方法

一、农业建设项目投资效果评价的基本知识

农业建设项目一般是指农业基本建设项目，可简称农业项目。它不同于农业的简单再生产，而是指在农、林、水、气部门中，为扩大农、林、牧、副、渔业长久性的生产规模，提高其生产能力和生产水平，能形成新的固定资产的经济活动。按其性质可分为

新建、扩建、改建、综合或单项等；按其用途又可分为生产性建设和非生产性建设等不同的类型和内容。但它们都是为实现一定的经济目标，按照一项总体计划方案和具体设计去进行实施，并在技术和经济上可以进行测算，在管理上具有独立或相对独立组织形式的基本建设单位。它可以是一定范围内的地区、一个综合治理实验区、一个农、林、牧、渔场，一个农产品加工厂、也可以是一个流域、一条河流、一个水库或一条防护林带等等。

农业项目投资，主要是指在扩大农、林、牧、副、渔业再生产能力的经济活动中，能形成固定资产的人力、物力和财力的投入。在商品经济条件下，为分析其经济效果，这些投入一般都是折合成货币量来计算的。目前我国农业建设项目的资金来源，主要有以下几个方面：

（1）国家财政预算投资。1985年开始已改为由银行贷款；

（2）地方和农民自筹，包括劳务折款；

（3）引用外资；

（4）其他。

过去在我国的经济建设中，由于“左”的思想的影响，“只算政治帐，不算经济帐”，不按经济规律和自然规律办事，在基建中争投资、争项目，结果基建战线拉长，资金分散，原材料供不应求，管理混乱，浪费严重，效益很低甚至得不偿失。由于我国农业建设资金有限，吸取过去教训，更需要认真地研究用好、管好农业建设资金，以提高农业建设资金的经济效果，其重大意义在于：

第一，增加农产品产量和农民收入，提高生活水平；

第二，为农业扩大再生产积累资金；

第三，为国家工业发展提供市场并向国家提供丰富的农产品；

第四，推动农村由自给和半自给经济向商品生产转化、由传统农业向现代化农业转化的过程；

第五，促进整个国民经济的发展和社会文明的进步。

二、农业项目投资效果的概念

农业项目投资效果，一般是指投资的综合效果。所谓综合效果或综合效益，它包括经济效果、社会效果和生态环境效果（或效益）三个方面。一般认为效果有正负之分，效益则只有大小之别，而无正负之说。又由于着眼点不同，投资效果又可分为具体地区、部门或企业单位的投资经济效果和整个国家社会的投资经济效果。前者在西方称之为财务分析或微观经济效果，后者称之为经济分析或宏观经济效果。

“把全部经济工作转到以提高经济效益为中心的轨道上来”，是我国实现四化的一条重要指导方针。马克思早就指出：“……真正的财富在于用最少的价值创造出尽量多的使用价值，换句话说，就是在尽量少的劳动时间里创造出尽量丰富的物质财富”。这里要特别强调产品符合社会需要。因此，就不能以盈利的多少或利润的大小作为衡量经济效果的唯一标准。当然这也并不否定盈利在评价农业投资效果时仍是一项重要的指标。评价农业项目时，具有决定意义的在于研究其社会经济效果，但微观经济效果则是被投资建设的地区、部门、企业和个人所最关心的。

农业项目投资经济效果，是指与没有农业项目情况下的生产水平相比较，由于实施农

业项目所增加的社会物质的投入（人力、物力、财力）而新创造出来的净增社会物质财富（价值和使用价值）。经济效果的好坏，是指单位投入所创造的社会物质财富（通常以实物量、价值量或利润来表示），与全社会（或部门）平均单位投入所创造的社会物质财富标准水平相比较的差额正负或大小。若单位投资所创造的社会财富高于全社会（或部门）的标准水平，则称为效果好，反之就是效果不好。如果投入大于产出，则为负效果或没有效益。

三、评价农业项目的指标体系

农业项目一般具有投资大、周期长的特点；从资金的投入时间与其所产生效果的时间来看，又具有投资在前期，效果在后期这样一个特点。因此，根据农业项目的这些特点，在评价农业项目投资效果时，可分为事前评价（可行性研究）、中间评价和事后评价等多阶段的评价。虽然各阶段评价的内容和方法略有不同，但其目的都是为了尽可能地提高农业项目的投资经济效果。

事前评价亦即项目确定实施前的可行性研究。它是为了防止项目的盲目上马，以免造成人力、物力、财力浪费，使建设资金得到合理分配和充分利用而在技术上、财务上和经济上进行分析与评估的基础工作。中间评价则着重于检验项目的技术效果与生产效果状况，发现并解决项目实施中的问题，同时还可为调整项目原设计中某些不合理的部分提供依据，以促使项目更好地实施。事后评价是指项目竣工交付使用时，以及竣工后若干年内对项目投资效果的鉴定验收和小结。但是农业建设项目的经济寿命往往长达数十年之久，其中农林业项目的充分发挥效益，一般在项目开始实施后的10～15年，或者更长。所以，在项目充分发挥效益时，仍应再次进行投资效果的后续评价，其目的在于验证项目的实际效果，以肯定或改进今后类似项目的计划设计工作，使农业建设资金取得更大的效果。

根据我国情况，评价农业项目的投资效果除定性分析外，应采用的指标很多，按照这些指标的性质和作用的不同，大致可把它们划分为三类，即：投资的经济效果指标组、投资的工程技术和生态效果指标组以及投资的社会生产效果指标组。这些指标都是从不同的角度和侧面，去分析和衡量农业项目投资对技术、生态、生产和经济的影响，它们共同构成了近似地反映农业项目投资效果的有机整体，任何单项指标都不足以概括投资效果的实质。

1.农业项目投资的工程技术和生态效果指标组

农业生产建设项目，一般是通过人力、物力和财力的投入，改善农业生产的生态环境条件，以实现增加社会物质财富的目的。因此，农业项目投资的工程技术生态效果如何，很大程度上决定着投资的长远物质生产效果和经济效果，从而，考虑农业项目投资的工程技术和生态效果，对于衡量和预测农业投资的经济效果具有重要意义。但由于农业项目种类很多，且它们的技术内容与要求千差万别，因而农业项目投资工程技术生态效果指标的设置，应随项目的技术要求不同而各异。现以世界银行和国际农发基金会贷款的华北平原项目与河北省农业发展项目的十一个县来说，它们主要是通过挖沟、打井，以改善排灌条件；通过增施化肥和农药以提高农作物的产量；通过改良土壤、植树造林改善生态环境以争取持久地增加收入。同时，还通过增加农电、农机和工程机械的供应量，推广良种，改进农业技术，培训人员和提高管理水平等，以保证项目的实施。

由于这两个项目的工程技术目标是要缓解这些地区的旱、涝、盐碱和土地瘠瘦等农业生产的限制因素，因此分析这些方面的工程技术和生态效果，就成为检验项目是否达到了原设计要求和评价项目投资效果的重要组成部分。

这里所说的工程技术生态效果，指的是人们以物理的、化学的、生物学的现代综合工程技术，系统地应用于农业生产过程之中，从而在农业的工程技术上和农业生态系统中所产生的效果。也就是说在人们的农业生产活动中，通过因地制宜，合理采用相应的工程技术措施，对改善农业生态环境条件、提高农业生产力所起的作用和实现的程度。这些方面的效果，目前很难用一个统一的综合指标来衡量，这是由于农业工程技术和农业生态系统本身的复杂性和长期性所决定的。不过与改善农业生产条件、提高农业生产力直接有关的工程技术和生态因素，还是可以选用以下一些指标加以对比表示的：

(1)基期（项目实施前）和报告期（项目实施中、项目实施结束及项目充分发挥效益时）水浇地面积，及各占耕地面积的比重；

(2)基期和报告期盐碱地（或涝渍地）面积，各占耕地面积的比重，及重、中、轻程度变化情况；

(3)基期和报告期地下水位和水质的变化数值；

(4)基期和报告期旱涝盐碱风沙灾害成灾面积，占耕地比重和减产数量变化；

(5)基期和报告期土壤耕层有机质、全磷含量变化；

(6)基期和报告期农业机械总动力、机耕地面积和占耕地比重；

(7)基期和报告期农村用电量及每亩平均数；

(8)基期和报告期林地面积及覆盖率，等等。

2.农业项目投资的社会生产效果指标组

这里所说的社会生产效果，特指项目的物质生产效果及其分析性的社会效益。由于农业项目均为实现一定的经济目标，以满足人民物质文化的需要而选定实施的。那么到本世纪末我国经济建设总的奋斗目标是：在不断提高经济效益的前提下，使工农业总产值翻两番，使人民的收入有显著增加，达到小康生活水平。因此，评价农业项目投资效果时，不仅要考察其盈利和工程技术生态效果情况，而且也要考察其物质生产效果和社会效果，才能较为全面地衡量其经济目标的实现情况。这里所说的社会生产效果，着重是指不与投资直接相比较，人均或社会占有的价值与使用价值的绝对量或相对量的增长变化情况，以及其结构变化情况等。仍以种植业为主的农业项目为例，设置以下指标比较其基期和报告期的发展变化效果，还是必要的：

(1)主要农作物单产和总产量及其增长速度；

(2)主要农产品人均占有量；

(3)主要农产品商品量和商品率；

(4)农业总产值（或总收入）及增长速度；

(5)农林牧副渔业产值及各占农业总产值的比重；

(6)人均农业总产值（或总收入）。

3.投资的经济效果指标组

按照经济效果的基本概念，农业项目投资的经济效果，它主要是反映在农业的扩大再生产中新增加的劳动耗费与新增加的使用价值之间的比例关系。在商品经济条件下，

是将投入和产出都折合成货币量之后进行相比而取得的结果，如果基础数据准确可靠，且计价标准合理，它可以较概括地反映出项目的真实意义，它是一组综合性 较 强 的 指标。分析农业项目投资经济效果常用的指标有以下七个：

(1)投资回收期；

(2)投资效果系数（或投资收益率）；

(3)单位投资农产品净增长量；

(4)单位投资农业总产值（或总收入）新增长量；

(5)净现值；

(6)收益／费用比；

(7)内部报酬率。

在分析农业项目投资经济效果的七个指标中，前四项属于静态分析，后三项属于动态分析。我们认为，只有将二者结合起来使用，才可相对完整地衡量出一个项目投资的经济效果，同时也较为符合我国习惯和当前经济建设的需要，以及较为适合我国农村的现实情况。静态分析和动态分析二者最大的区别在于考虑或不考虑资金的时间价值。前者虽然也是在一定时间因素基础上计算出来的结果，但它没有考虑资金的 时 间 价 值，也就是说项目的所费与所得，不管是什么时间发生的，它都是要按照当时单纯的原值计算的。现实生活中，在银行储蓄可以取得利息，从银行贷款需要付给利息，这就体现了货币的时间价值，后者则考虑了这点。本评价方法是从财务分析角度出发，着重讨论静态分析与动态分析方法，至于农业项目投资效果中，关于工程技术效果和社会生产效果各项指标的计算方法，由于在我国农村工作中经常使用，比较简单，这里就不一一介绍了。

四、投资经济效果指标的计算方法

1.静态指标计算方法

静态分析，是过去和现在我国计算农业建设投资经济效果常用的方法。它的主要特点是，在农业项目的全部收支中，它不考虑资金的时间价值，只要有了项目历年实物及折款的收入和支出数据，就可以按照有关指标的计算公式去进行分析测算。它的内容比较简单，方法易于掌握，大体上也能反映出投资的经济效果，目前在我国工农业建设项目上，仍普遍采用这些指标。但在某些方面它又不够完善。

(1)投资回收期　由于农业基本建设不同于农业的当年生产，它的投资往往需要经过一年以上的时间才能发挥作用和产生效益，因而它的投资额也必须由项目的各年净收益额来补偿。一般来说，如果投资回收期短，说明其经济效果好，如果投资回收期长，则说明其经济效果差。所以，分析投资回收期的长短，对于判断项目的可行性和项目实施方案的好坏有着重要的意义，它可以帮助我们选定项目和实施方案，以更好地利用资金和提高投资的经济效果。目前我国工业企业分析其基建投资回收期时，亦采用静态分析方法。计算投资回收期，农业项目一般从建设开始年算起，因为除垦荒、造林等新建项目外，一般从开始投资建设之后，每年总会有一定的生产收入或净收益。其计算公式是：

$$\text{投资回收期（年）}=\frac{\text{投资总额}}{\text{平均每年新增净收入额}}$$

应当指出，上述计算方法主要适用于可行性研究，或每年净收益完全相等的项目。对于农业建设项目的事后总结评价来说，由于每年的净收益往往是不可能完全相同的。因此，计算它的投资回收期，就应该用减法来计算，即以项目开始实施后逐年提供的净收益累计总额，达到投资总额之日所经历的时间，才是它真实的投资回收期。当然，这种累计净收益总额应该是在扣除了非项目对比区相应的一定投资及其所产生的净收益之后的累计额。在实际工作中，通常把回收期与净现值法和内部收益率法对照应用，将可更好地显示项目的经济效益。

(2)投资效果系数　投资效果系数是投资回收期指标的倒数，亦可称为投资收益率或投资年利润率。它反映项目投产后在其寿命期内，每单位投资平均每年获得净收入或盈利额的大小程度。该系数越大，说明其经济效果越高；系数越小，说明其经济效果越低。

$$\text{投资效果系数}=\frac{\text{平均每年新增净收入额}}{\text{投资总额}}$$

(3)单位投资农业总产值或农业总收入年新增长量　这项指标反映每单位投资在项目寿命期内，平均每年能获得多少新增加的农业总产值。但由于不同种类农产品的实物量不能相加，因而也就无法与农业项目的投资额相比。为解决这一问题，就需要按照计算农业总产值的方法，用货币把项目区每年新增加的产品量（与基期或非项目区相比）统一折算出来，然后与投资总额相比，所得到的结果可以从总体上反映出投资在农业总产值增长方面的作用。它对于判断要使农业总产值达到什么样的水平，就需要有多少投资，具有一定参考价值。由于总产值中包括着生产费用等成本在内，所以它并不能反映出所费与所得的真实成果，是其不足之处。对于一个较大的项目地区来说，由于计算农业总产值比较复杂，也比较困难，所以也可以用农业总收入来代替总产值；在缺乏全面调查统计资料的条件下，亦可通过随机抽样调查方法取得所需要的数据。又由于以价值反映的农业投资经济效果，受物价变动的影响很大，为消除价格因素的影响，就需要按照不变价格来计算各项收入和支出。

$$\begin{aligned}&\text{单位投资农业总产值（或农业总收入）年新增长量}\\&=\frac{\text{年均农业总产值（或总收入）新增长量}}{\text{投资总额}}\end{aligned}$$

(4)单位投资农产品净增长量　这是一项评价投资经济效果的实物指标，它反映农业项目每单位投资平均每年能为社会提供多少使用价值（农产品）。单位投资增加的符合社会需要的农产品数量越多，表明其经济效果越好，否则，表明其经济效果差。这个指标虽不够全面，但它对衡量单位投资对农产品产量增长状况，还是有重要意义的。不同种类的农产品虽然不能相加，但由于我国农村实行有粮棉挂钩、粮油挂钩等办法，把不同种类的农产品统一折算成粮食来计算，还是可行的。

$$\text{单位投资农产品年净增长量}=\frac{\text{平均每年农产品净增长量}}{\text{投资总额}}$$

2.动态指标计算方法

农业建设项目投资经济效果的动态分析，是以资金的时间价值为其计算根据的一套分析方法。所谓资金（货币）的时间价值，就是由于放弃现在使用货币的机会而取得的按放弃时间长短所计算的报酬。它的表现形式，既可以用绝对数（利息），也可以用相对数。计算资金的时间价值有单利法和复利法两种，我国银行的国内存款采用单利法，西方国家多采用复利法。现以复利贷款的农业项目为例，它以复利计算为基本公式，将投资项目寿命期间历年所发生的投入、产出按货币表现，以一定的标准（利率）折算到某一基准年，以分析整个项目盈利的多少、内部利润率的高低以及收益与费用的比值等。然后根据上述一系列数量指标情况，来确定投资项目的是否可行。

农业建设项目投资经济效果的动态分析，通常采用净现值、收益费用比和内部收益率这样三个指标来表示。当净现值为正数，收益费用比大于1，内部收益率高于基准收益率，这时，项目才被认为是有利可图的。不过，在有些特殊情况下，为了满足社会的某种需要，如社会效益、生态效益及宏观分析，即使上述三项指标的分析结果并不理想，但一些农业项目却被肯定下来的情况也是有的。

（1）净现值（NPV） 净现值是反映投资项目在整个寿命期内，各年份相对应的收益与费用的现金流量，按一定的利率，依贴现公式折算成基准年收益现值与费用现值的总和之差的余额。计算结果，如净现值为正数，意味着项目的收益大于费用。这样，我们可以按该利率来贷款，经营结果，不但债务可以偿还，而且还债后还有盈余，其盈余即净现值的实际数量。净现值数额愈大，表示经济效果愈好。净现值的计算公式如下：

净现值（NPV）＝收益现值－费用现值

$$NPV=\sum_{t=1}^{N}\frac{B_t}{(1+r)^t}-\sum_{t=1}^{N}\frac{C_t}{(1+r)^t}=\sum_{t=1}^{N}\frac{B_t-C_t}{(1+r)^t}$$

B_t——第“t”年的收益

C_t——第“t”年的费用

N——项目寿命年限

r——年利率

投资经济效果的动态分析，一般是在预测的基础上进行的，需要预测项目寿命期内各年度的收益与费用现金流量的变化情况，计算量很大，但可以简化。即假定在某一年是属于投资项目已进入正常生产状态，以后年份的投入、产出为一常数，这样，计算净现值可作如下处理：

假定“n”年为项目进入正常生产状态，则可视为“n”年的收益和费用为无限级数，这样，把第“n”年的数据从资料系列中分出来，将第“n”年前、后的资料系列分为两部分，分别计算其收益和费用的现值：

以第“n”年的收益和费用为第一组数。其现值为：

$$PV_1=\frac{B_n-C_n}{r}$$

以第“n”年以后的其余各年度的收益和费用为第二组数。其现值为：

$$PV_2 = \sum_{t=1}^{N-1} \frac{(B_t - C_t) - (B_n - C_n)}{(1+r)^t}$$

第一组与第二组的现值之和，即为收益或费用的总现值：

$$PV = PV_1 + PV_2$$

收益总现值与费用总现值之差的余额，即为净现值。它所显示的是项目寿命期内资金现值盈亏的绝对数额，借以得知项目盈亏的多少。

(2)收益费用比（B／C） 收益费用比值，反映着农业项目寿命期内收益现值与费用现值的比例关系。如果其比值超过1，说明项目投资的收益大于成本，则这个项目可取，若其比值小于1，则这个项目无利可获，且还要赔本，应予否定，其计算公式是：

$$收益费用比（B/C）= \frac{收益现值}{费用现值}$$

计算收益费用比，应该选取贴现过的总收益除以贴现过的总费用的比值，才能真实地反映所得与所费之比。

(3)内部收益率（IRR） 内部收益率亦称内部利润率或内部回收率，它是反映项目总投资支出的年平均实际利润率的一项指标。它是指项目各年净现金流量现值累计等于零时的贴现率，亦即收益现值与费用现值相等时的贴现率。对一个项目来说，只有其内部收益率大于标准收益率时，项目投资才更为有利可图。它是衡量投资项目经济效果的最重要指标。

计算内部收益率一般是在试算的基础上，再根据相似三角形的几何原理（插入法）求得的，其计算公式是：

$$IRR = r_1 + \frac{NPV_1}{NPV_1 + NPV_2}(r_2 - r_1)$$

IRR——内部收益率

r_1——低贴现率

r_2——高贴现率

NPV_1——低贴现率r_1计算的净现值（正数）

NPV_2——高贴现率r_2计算的净现值（负数）（计算时，NPV_2取绝对值）

在实际计算中，要想找到一个投资项目的年净现金流量现值累计等于零的贴现率，是一项很烦琐的计算工作，若利用上述内部收益率公式来计算，则可大大减少计算量。但是，由于净现值的计算是指数的倒数关系，按照不同的贴现率所计算出来的净现值是非线性的，它们是分布在一条平滑的曲线上的（图7-1），而内插法则是建立在线性关系基础上的。因此，公式中的NPV_1和NPV_2之值应尽可能趋于0，这样，利用上述公式计算出来的内部收益率，才不至影响结果的准确性，不能随便计算出两个净现值就运用上述公式计算内部收益率。当计算出IRR以后，应再以IRR的值来计算一下NPV的值是否趋于零或等于零，以检验计算结果是否正确。为减少试算工作量，r_2值大于r_1值

的幅度，最大不得超过10%，否则，应重新假定r_1或r_2的值以继续试算，求出的IRR，应以满足上述两个校核条件的要求。

3.灵敏度分析

灵敏度分析亦称敏感性分析或不确定性分析。农业建设项目投资经济效果的评价，除用以总结检验过去项目成败的经验教训外，更重要的是用它来评估和预测新的农业项目在经济上的可行性。而新项目的财务成本和收益，多半是在有经验的农田水利、土壤、农业、林业、牧业等工程技术人员最好的判断的基础上估算出来的。既然是估算，就很可能与未来发生的实际情况不相一致，这就存在着风险。为测算某些最没有把握的因素各自会对原方案经济效果影响程度的分析工作，称灵敏度分析。灵敏度分析，既适用于动态分析，也适用于静态分析。通过灵敏度分析，人们可以清楚地了解到影响本项目经济效果的关键因素及其影响程度，从而可在项目的实施过程中特别注意加以监督、控制和克服。采取一切可能措施，尽量缩小其影响程度，防患于未然，减少损失，以实现最优决策方案。

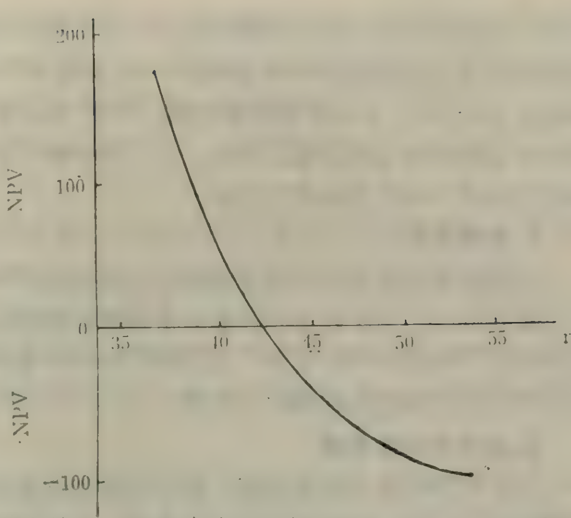


图7-1　净现值（NP_A）与贴现率（r）相关曲线

影响农业建设项目经济效果的主要因素，大致有以下几个方面：

（1）由于计划不周，导致建设费用比原计划超出百分之几十；

（2）由于材料、劳力、资金的安排不当，导致项目建设周期延长半年、一年或二年；

（3）由于自然灾害等其他原因，导致产量、收入比预定指标低百分之二十等等。

在进行灵敏度分析时，可将这些最没有把握的单因素或是几个因素可能变化的幅度，在原计划方案相应数据的基础上加以调整，重新计算其内部收益率、净现值或其他指标，然后再与原方案的指标相比较。如因某个因素的变动而使有关指标大大下降，则我们称这个因素对项目经济效果的影响是灵敏的，应特别注意它。

五、计算过程中应注意的问题

考察农业项目的经济效果，需要涉及到许多有关项目的费用和收益数据。由于农业项目具有较强的地域性，且其周期长，外来干扰因素很多，如果不规定一些必要的计算标准，就很难衡量出项目的实际经济效果，同时，也使同一个项目之内和各个方案之间失去了可比的基础。为提高分析计算成果的精确性和可比性，规定以下一些计算标准是必要的：

1.基 准 年

在采用动态分析方法评价项目投资经济效果时，需要把在不同时间（年）内发生的现金流量，按照标准收益率折算为基准年的现值。对于一个项目来说，基准年选择在哪一个年份，对现值计算的结果毫无影响，它是一个常数，只是计算方法不同而已。如果

基准年选择在项目开始投资建设的第一年，则采用贴现计算方法计算现值；如果基准年是选择在整个项目周期内中期的任一年(如第“t”年)，这时，视“t”年为0年，“t”年的现值就等于“t”年当年的现金流量，“t”年以前的现值按复利公式计算，“t”年以后的现值按贴现公式计算。不过，为了使计算不至混淆和出现差错，一般以项目开始投资建设的第一年作为基准年为宜。

2.基期水平

基期水平是指农业项目开始建设之前的生产水平。基期的选定，直接影响着项目经济效果的评价。由于农业生产具有不稳定性的特点，所以在确定基期水平时，一般应选择投资前（包括投资的当年）三年的平均生产水平为宜，这样更能代表项目建设之前的生产水平（新垦荒地基期水平为零）。

3.项目的寿命年限

项目经济寿命年限的长短，随项目内容特点的不同而各异，它直接关系到计算经济效果的大小问题。确定项目的寿命年限，是按如下原因考虑的：

(1)评价项目的经济效果，要涉及到将来的收益问题，必须对项目的费用、收益进行预测。农业生产的收益内容广泛，其生产又受自然、技术、社会等条件的制约，预测的年限越长，精度就愈差。

(2)内部收益率是衡量项目经济效果的重要指标，要将未来收益、费用现金流量折算为基准年的现值，由于是指数的倒数关系，年限越长，净现值就越小，对计算结果影响不大。

(3)农业建设项目的经济效果，多半发生在投资完成后的中期或中后期。根据世界银行有关资料介绍，一般农业建设项目的最佳效果水平，是在开始投资后的十年左右时间里，以种植业为主的农业建设项目的经济有效期限为30年。

4.标准收益率

标准收益率亦称基准收益率，它是作为分析项目经济效果应该达到的最低限度的一项利润率指标。标准收益率一般是指某一国民经济部门，按社会平均投入所能获得最低利润率的下限。标准收益率的确定，应由国家计划部门制订。目前，在国家尚未颁布农业建设投资的标准收益率之前，为便于计算，根据我国农业生产部门的一般利润率水平，以及1984年国家银行对乡镇农业生产设备贷款利率月息三厘六（年利率为4.32%），和信用社贷款月息四厘八（年利率为5.76%），并参考有关部门所拟定的投资回收率标准，农业项目的标准收益率可暂按5%计算。不过，随着情况的变化，经国务院批准，中国人民银行决定从1985年8月10日开始，提高了定期储蓄存款利率和固定资产贷款的利率。在调整后的固定资产贷款利率中，三年以上至五年的年利率，由原来的6.48%提高为9.36%（即月息七厘八）。根据这一新的规定，在今后项目评价中，可考虑暂采用10%作为标准收益率进行计算。

5.价　格

一般说，价格是价值的货币表现，但价格往往受供求矛盾等多种因素的制约而背离价值，产生上下波动。在分析项目的经济效果时，为排除物价上涨因素的影响，可采用不变价格来计算。但由于农业项目的产出物的种类繁多，价格各异，如果逐一进行计算，工作量大且资料亦难以收集。为简化计算，在分析项目的投入和产出时，可分别采用国

家所公布的农副产品收购价格总指数和全国零售物价总指数来折算，折算物化投入时应采用农业生产资料物价总指数。但限于资料缺乏，农业生产资料物价指数可暂用全国零售物价总指数代替。如果要进行项目的经济效益分析，还要引用“影子价格”“机会成本”等处理。

6.劳动报酬

劳动报酬是项目费用的一个重要组成部分，在劳动用工量已定的条件下，劳动报酬即工日值的高低，直接影响着项目的成本费用。农业劳动报酬与农产品的价格有关，它是决定农产品价格的一个重要因素，反过来也是一样。在农业项目基建中，作为正常用工，应按社会工日值给予按劳付酬。但在农业生产中，由于条件不同，各地工日值有很大差异。如果在一定地区内的劳动报酬取值不统一起来，就很难比较各地区农业项目经济效果的高低。

如何确定一个地区的标准工日值，这是当前还没有解决的问题。为使项目经济效果评价工作得以较好进行，就黄淮海平原地区来说，暂提出以下工日值标准供参考使用：

1970年前每个工日	0.6元
1971～1975年每个工日	0.8元
1976～1989年每个工日	1.20元
1981～1982年每个工日	1.50元
1983年以后每个工日	2.00元

提出上述劳动日值计算标准的依据是，作为一个劳动者从事生产每天平均所得劳动报酬，应该能满足其本人及其所赡养者物质文化生活的最低需求，否则，劳动力将枯竭，简单再生产也难以维持。因此，确定标准工日值应以能维持每个农业人口日平均物质文化生活消耗作为最低临界值。在具体确定时，考虑到农业生产的地区差别，以及不同地区农民生活水平的高低不同，可采用以全国平均消费水准为基础，乘以人均年分配收入地区差异系数取得。

$$标准工日值=\frac{人均年消费支出\times负担人数}{每劳动力年平均总工日数}\times人均年分配收入地区差异系数$$

拟订上述历年不同的标准工日值，是假定每个农业劳动力负担2.5个赡养人口，及每个劳动力年平均总工日为300个，按历年全国平均消费水准，乘以0.85～0.90的人均分配收入地区差异系数的计算结果。

7.数据的确定和分析

为评估一个农业项目投资的经济效果，就必须掌握与项目有关的大量基本情况和必要的数据资料。

(1)要了解项目的目的、要求和特点　农业建设项目种类很多，不同类型的农业项目各有它不同的自然和社会环境条件，以及各有它不同的经济目标、技术要求和特点。例如，同是低产田综合治理的农业项目，但有些主要是排水问题，有些则主要是灌溉问题，还有些主要是防止风沙培肥土壤问题，或者需要各有关措施，等等。其目的虽然都是通过工程措施或生物，农业措施以提高产量和增加收入，但有些地区地多人少，适于农牧并重，有些地区则地少人多，适于发展经济作物，实行粮经并举等等。此外，还有水产养殖项目、商品粮基地建设项目、畜牧项目、林果项目等，它们都有各自的目标要

求、技术要求和特定的环境条件。对于这些，根据项目的性质、目的和要求，如果是对新上项目作事先评估，需要作深入细致的研究掌握，如果是对项目作事后的分析总结，亦应有一般的了解。要做到这点，需各有关专业人员分工协作进行。

(2)合理确定项目的费用与效益　就我国来说，农业项目尤其是种植业项目，完全新建的不多，一般都是在原有基础上的扩建、续建或改建。这样如何确定项目的开始时间，实际上主要是如何划分这些项目过去已经花费掉了的各项开支的问题，应有明确的认识。根据国内外经验，为了易于分析项目的成本和效益，不管过去已建工程是否仍在发挥效益，以及它的开支多少和是否合理，都不应再予考虑，只能在原有生产水平的基础上，作为新建项目去计算新的投资和这些投资所产生的经济效果。

(3)要有对比区　在农业的育种、栽培等科学实验中，常用的方法之一，是设立对照小区，而在社会经济科学研究中，过去却很少严格地采用这一方法。同样，在评价农业生产建设成就时，也往往只作纵向即某个阶段的前后相比，而较少进行横向即与同阶段邻近类似地区相比，这样就容易产生一定的片面性，而且也不容易较准确地反映出投资的经济效果。所以，即使进行项目的静态分析，也应选择一个条件相类似的地区作为项目的对比区，并同时收集对比区各有关成本和收益的数据。当然，在现实生活中，项目区在投资建设，对比区也在努力扩大他们的生产，而且也必然会有些扩大再生产的投资，这样，就使对比区难于选择，或者增加了很大的工作量。

(4)费用和收益数据的确定与分析　农业项目投资经济效果评价，它所需要的基本数据，主要是投入和产出两个方面的资料，亦即收入和支出，或成本与收益两个方面的数据。其中有各种原材料、生产资料、机器、产品产量等实物，也有劳务、运输、维修、经营管理等支付的资金费用，还有出售产品等各项收入的价款。根据这些历年收、支数据填制一些数表，基本上就可以分析计算出有项目和无项目，项目前和项目后的投资经济效果了。

①基建投资的来源和使用情况。首先在资金的来源方面，有国家投资、地方投资、集体和群众自筹、利用外资、银行贷款、其他捐赠或科研单位投资等。在这些投资中，有些是无偿拨款援助，有些是有借有还，有些则要还本付息，还有些则是劳务或实物折款等等，而且这些投资往往是在项目实施期间分年度提供或支取的。因此，应将投资来源分门别类并且分年度的一一列出。

其次在投资的使用方面，根据项目的性质和内容需要，或根据已经发生的实际情况分别填写。以黄淮海平原低产田综合治理实验区以及华北平原农业项目为例，投资使用分类大体情况是：土方开挖、桥涵闸和排灌站的修建、机电井建设、暗管排水或输水、农电建设、农机和工程机械购置、农业和生物措施（如化肥、农药、种子、种苗等）投资、拆迁占地补偿等。上述各项开支，是发生在项目实施期内的各个年度之中的，而且这些投入物每年都有一定的数量、单价和总额。如果进一步细分，各种不同的投入物，都是由一定的投资来源所提供或支付的。例如土方开挖，每年都有工程量、用工量和投资总额。在其投资总额中，可能既包括有国家、地方或外资贷款的补助，也会包括群众自筹资金中的劳务折款。因此，在掌握投资使用情况（或计划）时，应分类、分年度填写出其数量、单价和总额，同时并应分出投资总额中资金的来源。

在掌握或安排这些投资的使用情况时，一个很重要的问题是，要考虑每项开支的必

要性、适合性和有效性。这就涉及到了原项目技术设计的每项内容是否科学、合理和必要。只有对它作认真细致地研究，才能总结经验教训，改进工作，节约资金，提高效益，保证项目的完满实现。

项目的历年生产总费用情况与项目建设投资紧密相关，由于有了项目的投资建设，必然会引起项目区生产费用的变化，而这种变化往往是绝对值的增加，以及其生产成果的更多增加。为了把生产费用与建设投资额联系起来综合考察项目的经济效果，就有必要把它历年的生产费用也同时掌握起来。仍以广义的农业来说，它包括农、林、牧、副、渔五业。在农业生产费用中，主要包括种子、肥料、农药、小农具购置修理、耕役畜草料及兽医药、机耕、排灌、电费和其他；林业生产费用，主要包括种苗、肥料、农药、其他；畜牧业生产费用，主要包括畜禽购置和饲料、兽医药及其他，以及水产养殖、工副业生产费用、管理和其他费用等。由于上述费用每年不同，所以应掌握每年的数据，以便于利用计算。

项目费用除基建投资及年生产总费用外，还有农业税。农业税在经济分析中作为收益，而在财务分析中是作为费用处理的。

在农业项目的可行性研究中，进行项目经济效果评价时，还应考虑计入不可预见费。不可预见费占基建投资总额多大比例，一般视项目的投资额而定，可控制在占项目投资的10～20%。

②收益数据的确定与分析。评价项目时的收益是指总收益和新增净收益两部分：总收入与总收益。

以农业综合治理项目为例，总收入是指农林牧副渔五业年收入的总和，总收益则是指项目总收入扣除项目总费用后的余额。

为了分析项目对增加农民收入，提高生活水平，对国家贡献，以及其工程技术效果、对生产条件的改善状况等，还应该掌握其相应的数据。

新增净收益

新增净收益是指项目净收益（或总收益），扣除没有项目的净收益以后的余额。可以用下列公式表示：

项目总收益＝项目总收入－项目费用（投资、生产费用）

项目新增净收益＝项目净收益－没有项目时的净收益

没有项目的收益的计算

没有项目是与有项目相比较而存在的。所谓没有项目的收益，就是假定项目区不实行投资，它也同样按原有的生产方式进行生产而取得的应有收益（新开荒地除外）。在分析项目经济效果时被认为是项目区的机会成本反映出来的，即扣除没有项目后的新增部分。

没有项目的收益资料，可以选择一个生产条件、收入水平与项目区投资前相类似的生产单位作为对比，利用这个对比单位的生产发展速度，来模拟推算没有项目时的生产发展变化。在推算没有项目的收益时，根据我国农业生产长期平均年递增速度情况来看，可考虑在总收入中扣除年递增2～3%作为有项目的收入水平，亦可选用对照区的实际发展变化情况来推算。

没有项目的收益扣除农业生产总费用，即视为没有项目的净收益。

没有项目的总费用一般按占其收益的35～40％计算，但近几年来所占比重有所下降，所以在分析时需注意项目区在未实施前的生产费用所占的比重而具体确定。

此外，还需指出，在项目实施期间，对以一个被选取的对照区来说，同样也在进行农田基本建设，只不过其单位面积投资额不如有项目那样多而已。因此，在计算没有项目的净收益时，只扣除农业生产总费用是不完全的，对比区单位面积基建投资究竟是多少，应通过实际调查或近似的假设来分摊计算是很必要的。

第八章　调整农业生产结构

农业生态系统是人工模拟自然生物群落的形成与发展的规律而建立起来的驯化了的生态系统。它具有自然生态系统的一般特征，又带有人类通过种种技术经济手段进行设计、重建、控制的社会经济因素的深刻烙印，是自然因素与社会因素共同作用下的产物。因此，农业生态系统实质上是一类经济生态系统。

任一生态系统都有结构与功能两个方面。生态系统结构主要以营养结构为基础。在自然生态系统中，营养结构由自然绿色植物(生产者)与一系列消费者（捕食者与被捕食者）的能量转化关系所组成，再通过分解者（微生物）完成整个系统的物质循环作用。农业生态系统由于是在人类干预下组成的经济生态系统，其营养结构则以高度控制下的农田植物种群与多级第二性生产者来代替消费者所组成，而形成多层次食物链传递的生产性关系，最终达到整个生态系统的净生产力提高的目的。为此，农业生态系统的营养结构是生产结构的基础与调整的重要依据，在一个正常的农业生态系统内，应当尽可能多地以第二性生产者代替消费者的位置，并形成多种交织起来的食物网关系，才能使整个系统的功能发挥至最优状态与总体生产力最高。

生产结构原仅属经济学范畴，故过去只包括经济结构的内容，调整生产结构的内容也就限于产值比、劳力结构、土地结构等等农业经济学范畴，这显然不能完全反映农业生态系统的结构以营养结构为基础的实质，对调整好坏的评价也是有局限性的。应当承认，农业生产结构包括生态结构、经济结构、技术结构三个方面，要求三者相互协调，这样的生产结构调整后才最为完整，最有生命力，最能兼顾生态效益、经济效益与社会效益，并达到三者并行增长的目标。

黄淮海平原中低产地区具有旱、涝、盐碱、沙等多种逆境生产条件，在农业生产上不应只要求通过经济结构的调整获取较高生产力，而更具现实意义的是如何通过生态结构的调整来改善生态环境，纳入良性循环轨道，使再生产的能力提高而持久。

第一节　调整农业生产结构的方法、内容与原则

一、农业生态系统特性与调整生态结构的方向

将农业生态系统看作为包含农、林、牧、副、渔在内的复合生态系统，而农田生态系统仅为农业生态系统中的一个子系统。

农业生态系统象自然生态系统一样是以日光能为动力的系统，但它又不同于自然生态系统。这表现在：①促进生产力提高的辅助能源(除劳、畜力外)主要是经过加工的燃料，而不是天然能；②农业生态系统的多样性由于人的管理而大大降低，目的在于尽量提高某些特定产品的产量；③占优势的植物和动物主要接受人工选择而不是自然选择；

④农业生态系统的控制是一种有目的的外部控制，这不同于自然生态系统经过亚系统反馈产生的内部控制。农业生态系统与城市工业系统的相似之处，是其对外部因素的强烈依赖和影响，也就是说，两种系统都有巨大的能量、物质输入环境和输出环境。不过农业生态系统是一种自养型系统而非异养的，许多经济不发达国家的农业处在工业化前的阶段，其耗能密度水平（单位面积通过的能量流）与自然生态系统差别不大；工业化农业由于大量投入辅助能源和化学物质，其耗能密度比多数自然生态系统高出十倍以上。但它带来农业化学污染物和土壤侵蚀，其对水、大气和地球上其他维持生命系统的压力，可能达到与城市工业区同样严重的程度。

由于农业生态系统是开放性的生态系统，其与周围环境组成数量较大的能量转化与物质输出输入的关系，如何使输入的附加能量（以化肥、农药、石油、机械、电力等形态出现）最低，而换取的输出产品最多，并做到少污染与无污染，是调整生态结构的原则。而调整生态结构是挖掘生产潜力、提高系统总体生产力的有效手段与重要决策之一，其无须花多大资金就能实现，而主要靠科学技术。为此，对生态结构的调整技术就显得举足轻重。

在黄淮海平原选取了一些地区为代表，对不同边界（户、村、乡、县、治理区），不同层次（五业结构、种植业内部结构、农田植物种群结构）作了多区级、多层次、多功能的生态结构调整。总的方向是吸取上述国外石油农业带来种种弊病的教训，走生态农业的道路。其目标是既低耗、高效、高产，又净化环境、维护生态平衡。技术则是以近代生态工程技术与我国传统农业技术相结合，充实与改造传统农业技术，发扬我国农民精湛的农艺水平，使达到更为完善的地步。

二、调整生态结构的内容与原则

1.内　容

农业生态系统的结构具有层状结构的特征，最高层次是农、林、牧、副、渔五业结构，其主要体现在用地构成（包括水面）带来的各业生态结构比重（如森林覆盖率等），以及第一性生产与第二性生产的多级食物链关系上。在这里，我们强调应把五业中生物之间组成多种生物能传递、转化、补偿的关系，而非各自独立。副业在这里主要指生物性副业，如蚕、蚌珠、蘑菇等。次一层是种植业、畜牧业等各自的内部结构。前者体现在粮、经、油、饲料四大类作物的用地比例与豆科作物绿肥在轮作中、填闲作物中的地位上，复种指数与消耗地力的关系，以及灌溉能力不足地区的旱农作物比重等；后者体现在畜禽及其种类、品种的结构比重等。第三层结构是农田植物种群结构，指农田中多种群（包括间作林、防护性灌木）或单作物种群结构的密度与种群格局，体现在间、套、混作、林粮间作的共生关系上，由各种群各自营养面积、截光面、本身生态生物学特性及遗传学特性所反映。既要考虑立体结构的合理性以提高光能利用率，又要考虑用地养地相结合，搭配一些养地植物等，以维护地力不衰。

农田种群结构仅为农业生态系统结构的一个层次，一个组成部分而已。要做到农田结构或种植业结构合理，必须相应要求整个生态系统结构合理才能体现其调整后功能提高的效益。同时，根据“复杂性意味着稳定性的原理”，应丰富农业生产结构的内容，才能持续地提高与稳定总体生产力。同样地，畜牧业、种植业与林业、副业也不可孤立

地看待，过去仅着眼于种植业，追求的产量指标是单产水平，这是片面的，因此导致单一经营、“高产穷队”。要把种植业纳入整个生态系统而作为其一个组成部分来看待；应追求该系统内的总体生产力的持续提高，包括农、畜、林（果）、副产品在内，这实质上是由各种组分间能量转化物质循环的种种生态效率的提高所体现的。因此，评价一个地区农业生态系统是否合理而高效，不只是看其作物单产高低，而应看该系统内共输出多少农畜林副产品；不能以破坏周围生态环境作代价来换取局部农田一时的所谓高产，还要求将整个生态系统运转纳入良性循环的轨道。

2.原　则

(1)要以生态经济效益为目标　生态经济效益是指生态、经济两方面的综合效益。以保护自然资源、维护生态平衡、改善生态环境为基础或前提所获取的经济效益才具有持久性的特征，也就是能获取日益增长的长远的经济效益。

除去以整体利益和长远利益作为生态经济效益目标以外，事实上，生态效益的提高也是一种实现高效、低耗、低成本生产目标的手段。也就是通过种种生态效率的提高可以有效地带来更大的生态经济效益，二者并非矛盾而是统一的。

(2)要遵循协调发展的原则　国内外许多迹象表明，常规生产方式的粮食等农作物最高单产已接近饱和。自从1945年第二次世界大战停战以后至今40多年内，世界上农作物，尤其是粮食作物的单产有了较大幅度的增长，但要再提高已非易事。因此要在现在已属高产的基础上进一步大幅度提高单产极为困难，生产费用越来越大而收效越来越小，除去从生物工程角度要求取得某些突破外，必须从农、林、牧、副、渔综合发展中寻找出路。而五业如何综合发展是调整中的技术问题，其主要关键是将各业及各组分形成协调发展的关系，以发挥生态学上的“整体效应”，就会获取成倍增长的生产力。

(3)制定优化模型要有一定应变能力　调整生产结构可以通过电子计算机来模拟以探求最佳的模式。所谓最佳结构模式是指特定条件下的优化方案，而实际生产上的条件多变，特别是市场信息更是变化多端，因此方案也就不能只有一个，而应是一个具有应变能力的一组模式。

第二节　农业生产结构的现状与对策

一、现状与对策

广大的黄淮海平原在农、林、牧、副、渔五业生产结构上一般来说是十分单调的，特别是对中低产地区而言。例如河南商丘地区主要模式有：

①粮＋棉-畜禽

②果＋粮-畜禽

③桐（林）＋粮-畜禽

④粮＋豆-畜禽

⑤粮-鱼。

1982～1986年调查，存在的问题有以下几方面。以河南商丘治理区与河北沧州地区青县为例。

河南商丘治理区

1.商丘治理区农业生产条件

商丘治理区位于北纬34°25′～34°45′，东经114°18′～115°47′，为商丘地区北部沿黄河故道的一个狭长地段。跨商丘地区的商丘、宁陵、民权三县，包括三县中北部的李庄、谢集、刘口、双八、观堂、水池铺、王楼、孔集、赵村、柳河、石桥、乔楼、孙六、野岗、人和以及民权城关16个乡，面积795.2平方公里。

商丘地区位于豫东平原的东北部，是河南的主要农区之一。豫东平原位于黄河大冲积扇的南翼，是黄河南泛和淮河左岸支流冲积而成的黄淮平原的一部分，地势平坦，松散沉积层深厚，地下水资源丰富，又有相当数量的地表水可供利用，因此土地资源基本上适于种植业发展。但平原不同部位，在小、微地形上，有种种自然的与人为造成的分异，又程度不同地存在旱、涝、碱、沙等自然灾害。治理区即处于古黄河背河洼地和微倾斜平原两大地貌类型为主体的农业低产地区。多年以来群众深受生产低而不稳之苦，并深感生产结构单调与单一经营农业是难以摆脱自然灾害的根源之一，而逐渐体会到不仅必须走一条多种经营道路，而且要将调整生产结构作为改造生态环境的主要途径，并已积累了一些经验。

2.存在的问题

(1)生态效率不高　据1985年对商丘县治理区内50个农户的抽样调查，农田能量产（出）投（入）比值差异幅度较大，最高2.59，最低仅1.23。按全国水平看，产投比在1.4～1.82间属中等偏低水平。1.4以下为低产类型，1.95为中产类型，2.4以上为高产类型。本地区农户之间差距跨及低、中、高三类水平。发展不平衡的主要原因是技术与施肥水平的差异。在土壤氮素转化效率上，正常情况应是生产50公斤粮食籽粒以1.5～1.75公斤氮素即够，而本地区一般为2.5公斤以上（例如野岗乡平均为2.55公斤，赵村乡为2.75公斤），仅绿肥轮作效果明显的孔集乡孔东村才降至1.75公斤。在降水利用率上整个治理区总计为49.78%，这一数值显然是偏低的，与作物布局及结构未能密切配合年降水量的季节分配规律有关。而本地区灌溉能力仅及耕地面积40%左右，提高降水利用率是旱农的根本出路。

(2) 五业结构中种植业产值比重偏高　商丘地区是一个以农为主的中低产地区。1983年全地区农林牧副渔五业结构中产值比分别为82.1%，1.6%，9.1%，7.1%，0.02%；商丘县治理区1984年五业产值比例分别为87.9%，1.7%，3.5%，6.8%，0.03%；商丘实验区（李庄乡）亦不例外，种植业占总产值93.6%。

(3) 种植业结构中以粮棉占最大优势　商丘地区1984年粮、棉、油料作物播种面积分别占79.8%，14.6%，5.6%。目前情况是粮供需相平，棉花积压，油料为发展趋势。粮食始终是本地区一件不可放松的大事，历史上本地区吃返销粮，以1962～1965年最多，此期间平均每年返销0.48亿公斤，60年代后期才开始自给，但丰欠年份产粮之差额最大可达到8倍，即使达到空前丰收的1984年，粮食供需之间仍属平衡状况而非有余。据商丘地区调研室调查，1984年全地区粮食总产21.2亿公斤，单产179公斤，人均占粮370.5公斤。按口粮消费量、征购任务、畜禽需求、留种及大酒厂消费5大项用粮分别占40.7%、21.6%、28.4%、4.7%、4.5%，即共需21.155亿公斤，恰好收支平衡。为此，

粮食在本地区为群众所高度重视。棉花优势是由于自然条件的适宜，1984年全地区平均亩产皮棉50.2公斤，高产水平亩产100公斤以上。

（4）缺乏专用饲料地，农、牧关系不协调　在种植业结构中，缺乏专用饲料、饲草基地，畜禽主要喂饲玉米、棉花饼及谷物秆秸，饲养粗放，是畜牧业发展受到束缚的最大原因。全地区沙地种植的沙打旺（占耕地面积1.5%）又主要作为种子出售。按畜草、畜料平衡情况，1982年是亏缺年（饲草饲料按同期畜禽正常生理需求分别亏缺27.3%，32.1%），1983年相平略有余（饲草、饲料分别余14.2%、63.1%），但总的趋势仍然是不足需求的。后者有余的原因：一是当年为丰收年，饲料与农副产品分别比1982年增加8.2%，16.9%；二是根据形势的变化，群众将生产的玉米主要用作饲料，过去玉米作饲料仅占产量的13.5%，现为80%左右。

（5）副业、渔业不发达　以商丘县治理区与民权县治理区为例，其副业收入1983年仅分别占农业总收入的2.14%，2.5%。副业行业比较单调，据对18个副业专业户调查，脱绒榨油占22.2%，劳务占16.6%，弹花1.11%，编织与木器加工11.1%，面粉果品加工16.0%，服务行业22.4%，副业收入约占总收入的4～32%不等。渔业极不发达，但坑塘水面并不少，例如商丘县治理区即有万亩水面，约占土地面积8%左右。

3.对　策

本地区调整生产结构的方向应是：决不放松粮食和棉花，发展油料及多种经济作物，开辟专用饲料饲草基地，积极发展养殖业和副业，培肥土壤，提高森林覆盖率。

要求达到的技术经济指标是：①注意发展旱农作物，特别是粮、饲兼用的优质、抗性强、成本低的作物，如美国籽粒苋，适当压缩冬小麦，发展对降水利用率较高的夏玉米、夏甘薯、夏大豆等，复种指数不高于1.5～1.6。②发展养地作物绿肥与牧草，参与轮作，促使土壤良性循环。目前投肥水平不算高，应大力发展畜牧业以增加有机肥源。将万亩沙荒地与8.2万亩盐荒地主要用来发展为畜牧业服务的饲草饲料基地，使畜牧业产值由1984年的3.4%，逐步提高到15%左右。④林业上除继续发展四旁林、农桐间作林外，还要发展农果间作、农枣间作、农条间作等。要提高土地利用率，在农田建立乔-灌-作物三层，或乔-作物两层结构的多种群格局。在农桐间作的情况下，小麦亩产可提高11～38%，在每亩地三株桐树的情况下，其每年产值至少30元，还可提供树枝35～40公斤，鲜树叶300～400公斤，桐花200公斤。根据不同土壤，要求治理区的农林间作格局多样，能达到抗干热风，提高光能利用率的目的。要求林木覆盖率由目前7%，提高到15%左右。⑤农田资金产投比目前按50户抽样平均为3.5∶1，最低2.5∶1，要求达到4.5∶1或更高；农田能量产投比由目前平均2.12∶1提高到2.5∶1或更高；人均收入目前264元，要求达到600元以上。

河北沧州地区青县

1.农业生产条件

青县位于黄淮海平原东北部，东经116°34′～117°6′，北纬38°24′～38°45′。总面积979.4平方公里。本县属黑龙港流域的沉积平原，海拔3.8～7.5米。

青县平均降水量为615.6毫米，年均气温12.1°C，无霜期180天，≥10°C积温4302.6°C，属暖温带具有明显旱季的半湿润季风气候区。土壤以各类潮土为主，在105.4

万亩的耕地中，粘质潮土、中壤潮土和中壤质粘潮土以及轻壤质潮土分别占52.3%，32.1%，3.1%，盐化潮土占10.9%。自然肥力较低，有机质含量一般仅0.6%左右。可灌溉的耕地占耕地面积的21.9%。历史上属黄淮海平原中低产地区。

全县31.3万人，劳力10.7万个，其中从事农业生产的劳动力为8.6万人。人口密度323人／平方公里，耕地105.4万亩，复种指数1.3～1.5，人均占有耕地3.3亩，劳均占有10亩左右。1980～1983年四年粮食单产平均160.5公斤，人均占粮232.5公斤。1984年人均收入406元。

2.存在问题与对策

（1）种植业结构单调，主要表现为：

①粮食比例偏高，农产品商品率低。1984年粮田面积占总面积的76.4%，农业产品商品率仅占农业总收入的33.2%。应在不放松粮食前提下，重点发展三花（棉花、葵花、花生）等地区优势作物。1984年全县是大旱年，粮食减产的产值达900万元，但农业总产值还高于1983年756万元，原因即在于发展了经济作物，仅棉花一项便获取1183万元。

②种植业内部无专用饲料地，限制了畜牧业的发展。按计算本县1983年家畜共需饲草1.75亿公斤，而各类谷物秸秆只可提供1.23亿公斤，尚亏缺5000多万公斤；共需饲料3698万公斤，而可能提供的仅1074.5万公斤，尚亏缺2623万公斤。因此要一方面从耕地上以一定面积种植豆科饲草及优质饲料，促进土壤营养状况的改善；另方面将2～4万亩盐荒地逐渐建成饲草基地（目前种植美国籽粒苋、紫穗槐、田菁、苜蓿等皆基本成功）。

③种植业提供农副加工原料不够。本县缺乏经济作物产后加工业是生态经济效益不够高的主要原因。按对80户调查，副业类型中属农副产品加工的仅占26%，而且类型单调，仅为草编条编及食品简单加工。应发展地区优势产品加工业，如醉枣、蜜枣、枣茶、香油、葡萄酒、奶粉、编织及为天津、沧州大中城市提供高档细菜与瓜果罐头等。

（2）农田植物群结构单调，应向时空两方面调整

①空间立体结构合理有利于更充分利用自然资源，大面积推行在本县已有成功经验的枣粮间作，或枣—紫穗槐—作物三层结构。枣—紫穗槐—小麦间作全年经济收入可达385.18元。而单纯种小麦仅收103.56元，相差3.4倍。可在运西曹寺等6个乡重点发展，由目前1.6万亩逐渐扩大至10万亩以上。

②发展旱农作物，巧用天上降水。本县灌溉面积仅及耕地21.9%，粮食总产受雨水丰、枯年制约。解放34年来，最高年产1.24亿公斤，最欠年仅0.35亿公斤，变幅3倍多。为追求复种指数高，耐旱作物由解放初期占作物面积45.6%下降到目前的17.4%。据计算，在无灌溉条件下各种作物生育期需水量及同期降水量相比大多亏缺，亏缺最大的是冬小麦、春高粱、春玉米。比较适应降水节律的是夏玉米、夏棉花（或晚播春棉花）与春谷子，故除去根据灌溉条件稳定小麦面积、压缩春播作物、发展抗旱作物外，在不同分区的作物结构上还应具体巧作安排。有的农户在这方面作了较好的安排，效益也明显提高。例如李洪恩户旱地面积占耕地面积的76.5%，复种指数控制在1.24，又在作物内部结构上，粮食控制在占耕地面积的47.6%，抗旱性较强的棉花等经济作物占52.4%，因此获得较高经济效益。

（3）林果覆盖率不高，应大力发展绿化林、紫穗槐灌木林、间作林及经济林。目前青县林果覆盖率（加上紫穗槐、间作林枣树）仅7.4%，与国家森林法对平原地区林

木覆盖率达10%以上的要求尚有一定距离。但这方面潜力很大，例如本县仅各种沟渠长度即达186公里，可用来植树的面积达7.92万亩；另外道路、公路16条，又可种1.71万亩，紫穗槐目前有2587万墩（相当于3.8万亩）。如把这类灌木林及绿化林、果树结合起来形成防护体系，将展示生态环境改善的优美远景。

（4）畜牧业、养殖业生态效率低,应多层次利用能量物质。畜禽为第二性生产者，以转化绿色植物（第一性生产者）成为自身畜产品为其生存条件。本县食物链关系大多为粮-猪、草-羊、秸-牛、半粗料-鸡为主要类型，很少在食物链上加环以反复利用生物能；加之饲料质量低，造成饲料能量转化效率低。一般每形成1公斤肉，约消耗10公斤干饲草，这就是生态学上的十分之一法则。但本县饲料能量转化率大多在5%以下。要提高转化效率，一要提高饲料质量，二要从食物链上加环，三要改善畜群结构。我们在青县抽样80户作了14种生态经济指标分析，从中划出了四类生产水平的农户。例如，青县上伍乡李洪恩户属较高产水平户，1984年人均收入568元，在生物能利用途径上实行沼气节能，沼肥施田，用棉籽皮养平菇，又养羊4只，鸡80多只，平菇“下脚料”作鸡饲料。该户总体生产力达1184.93万大卡／户，劳动生产率355.48万大卡／个，农田能量产投比2.2，资源利用率50.9%，小麦氮素转化效率是50公斤小麦1.6公斤纯氮，土地报酬能量值502.3万大卡／亩，以上效率皆为低产户的2～3倍。

二、调整生产结构要注意的几个问题

1.不放松粮食生产，棉花向优质化发展

本地区粮食历来不能自给，1983年才开始购销相抵，目前问题一是粮食面积下降（1978～1983年5年内递减率1.4%）；另一是对提高粮食单产重视不够。据国家统计局抽样调查与对本地区预测，1990年人均占有粮可能达475公斤,这仍是一个不高的数值，还需花较大力量来争取超过。本地区植棉是优势，1983年全国棉花总产9274万担，黄淮海占一半以上。今后，应逐步发展优质棉,同时,在布局上也应有所调整，不与粮争地。

2.狠抓畜牧业、养殖业的开发建设

黄淮海地区畜渔产品是很不发达的，据国家统计局抽样调查，本地区1983年每人每年消耗肉蛋禽，农业人口不足10公斤，低于全国人均12.4公斤的水平。每人每天需要营养热量约为2000大卡，蛋白质70克，仅依靠农产品，则有75%的能源与蛋白质不能被人们利用。畜牧业、养殖业的发展不仅对改善人们食物构成有利，而且也是农业生态系统功能转运中不可缺少的环节，通过畜禽转化生物能与提供有机肥源，也是今后农业生态工程设计的重要内容。此外，通过它们对生物能多层次利用，除去直接获取经济效益以外，还能净化环境，获取明显的生态效益。

3.提高森林覆盖率，缓解自然灾害

黄淮海地区的旱涝灾害仍在威胁着农业生产，随着水利建设的发展，涝灾在一定程度上受到控制，但旱害的问题正在日益束缚着农田生产力的发挥，特别是其中的干热风问题。在商丘地区，每年5月下旬～6月上旬发生的干热风,21年来共出现32次,平均每年1～2次，常减产30%以上，而间作林与片林能挽回部分产量。部分棉花产区由于使用大量农药和对天然林木的破坏，鸟类和各种有益动物无处栖身和大量死亡，造成生态系统营养结构上食物链网单一化与生态环境恶化。例如河南民权县1981年在103万亩耕地中，

各种病虫害发生面积达390.9万亩次，为耕地面积的3.79倍。要缓解虫害也需要建立林网与片林恢复鸟类栖居环境。1983年商丘地区森林覆盖率10.35%，其中古黄河背河洼地仅7%左右，1985年造林进展较快。应在整个黄淮海地区推行片林、间作林、防护林，使森林覆盖率折实面积不低于国家对平原地区要求的10%。

4.在沙、盐荒地上建立饲料、饲草基地

农区发展畜牧业不能全靠农副产品，而养猪又有争粮问题，1978年以来，黄淮海地区的猪存栏数年年减少。1978年3500万头，1983年仅2600万头，平均每年减少180万头。羊也是减少的趋势，1980年共2300万只，1983年降至1700万只，平均每年减少203万只，这与缺乏优质饲料有关。黄淮海平原的沙荒、盐荒地大可利用，先从建立饲料饲草基地入手，既获取了畜牧业的食料，又改善了土壤生产性能。沙地种植沙打旺已有成功经验，而盐碱地种籽粒苋也获成功。

5.调整结构与增强系统机能相结合

调整结构仅为促进系统转运机能提供了较好的基础，而能否发挥至理想境地需投入一定的辅助能量与物质。在土壤养分输入输出关系上，近年增施有机肥与磷素化肥取得了明显的效果。例如，1984年对商丘治理区81个典型农户的调查，根据对产品与秆秸输出及施有机肥、化肥的输入总量计算，氮素总输出量为16841.4公斤，平均每亩14.5公斤，磷（P_2O_5）总输出量为6333.3公斤，平均每亩5.5公斤；氮素输入量为24703.5公斤，平均每亩21.2公斤，磷（P_2O_5）的总输入量为12773.9公斤，平均每亩11公斤。输入与输出相抵后，氮素仍盈余7862.1公斤，平均每亩6.5公斤，磷素（P_2O_5）盈余6427.3公斤，平均每亩盈余5.5公斤。施肥氮磷比由1981年的10：1，变为1984年的3.7：1。

又据民权县舒金岭等对花园试验区（包括民权县花园，魏庄，朱庄三个行政村，共1031户，4726人，8336亩耕地）五个代表区的400个土样进行耕层土壤肥力的化验结果，发现1982年与1984年相比，有机质含量（分别为0.595%和0.887%）和速效磷含量（分别为12.975ppm和14.494ppm）呈上升趋势，仅全氮（分别为0.060%和0.056%）与速效钾含量（分别为123.225和116.96ppm）略有下降。粮食与棉花亩产提高（分别由亩产165.6公斤增至253.4公斤；62.2公斤增至83.6公斤），人均产值由1982年的385元增至1984年677元，可见调整生产结构与增施肥料相结合，增产效果更为明显。

第三节　农田植物结构的调整

农田生态子系统的生态结构是指农田植物种群结构，既包括整个农田种群密度，又包括各种群之间的格局关系。种群格局主要由空间与时间两类结构协调组成。

一、农田植物种群的空间结构

空间结构主要指作物与乔、灌木组成的多层结构，也泛指同一层次内多种群作物之间的结构。在一块农田中，作物不一定是单种群的，如间作、套作常由二个以上种群所组成；乔木也不一定是间作经济林，也可以是果树；灌木常常由紫穗槐、白蜡条等“四条”所组成。

1.模　式

在黄淮海平原，农田植物空间结构模式比较丰富多样。常见的有：

(1)砂地（冲积性风砂土）

葡萄＋金银花＋花生

金银花＋小麦＋花生

白腊条＋红薯

白腊条＋沙打旺

泡桐＋白腊条＋花生

刺槐＋白腊条＋沙打旺

泡桐＋金银花＋小麦

(2)盐碱地（盐化潮土、碱化潮土、草甸盐土）

杨、柳＋棉花

小麦＋玉米套黑豆

金丝小枣＋小麦（或棉花）

紫穗槐＋小麦（或棉花）

金丝小枣＋紫穗槐＋小麦

苦楝＋玉米

紫穗槐＋籽粒苋

梨＋小麦

(3)两合土、淤土（黄潮土、褐土化潮土）

泡桐＋冬小麦（或油菜、大麦）

泡桐＋玉米（或大豆）

泡桐＋白腊条＋小麦或玉米

泡桐＋棉花（套西瓜）

大枣＋小麦

柿＋小麦

(4)水稻土（水稻土、盐化水稻土）

池杉＋水稻

(5)砂姜黑土

刺槐、臭椿与花生、大豆、油菜等组成林网方田或间作

2.生态经济效益

以桐麦间作与枣粮间作为例，我们曾做过一些专门测定，证实这类立体结构生态效益与经济效益皆甚明显。

桐农间作是河南豫东、豫南地区广为推行的一种立体结构模式。其格局是每亩平均3～4株泡桐与大田小麦等组成间作格局。泡桐亩年增材积0.1～0.3方，产值30～90元。小麦净增产效果6～30％不等，玉米净增产9～10％。如以小麦增产8％计，产值可提高18～20％，泡桐也以亩收30元计，泡桐与小麦二项合计至少多收50元左右。是纯种小麦产值的1.8倍。

桐农间作的生态效益是很明显的。据中国林科院与河南睢县林科所的测定，小麦开花至灌浆期要求空气相对湿度在70％以上，间作地达72％，非间作地为71％；间作地地面温度比非间作地降低0.9～2.7°C；间作地土壤含水量在0～10厘米，10～20厘米，20～30厘

米，30～40厘米分别为7%，13%，16%，22%，非间作地则分别为2%，7%，12%，12%。

泡桐另一个明显的生态效益是促使土壤养分的良性循环。这是由于其根系较深，能把深层的、小麦根系所吸收不到的养分通过花、叶搬运到地表，增加了土壤耕作层的有机肥源。据测定，一株8～10年生的泡桐每年可产树叶100公斤，干叶中氮、磷、钾含量分别为2.9%、0.11%、0.41%。泡桐花、叶有时也用来饲养家畜或沤肥后又归还土壤。据计算，每亩3～4株泡桐的花、叶可使间作地比非间作地每年多增纯氮19.5公斤、磷4.9公斤、钾10.75公斤。

在沧州地区金丝小枣与作物的间作比较普遍。例如青县的枣粮间作面积1984年达2.2万亩，占适宜地面积的14.6%。

金丝小枣是一种抗旱涝、耐盐碱、适应性强的干果树。据中央卫生研究所化验，此枣可食部分高达90%，含糖量60%以上，缬氨酸、苏氨酸等8种人体所需的氨基酸量比玉米、面粉、大米高1.5～4倍，每百克鲜枣肉中的维生素C含量达400～600毫克，为苹果的70倍。为此，金丝小枣实质上是代粮作物，特别对春旱严重的沧州地区（春季降水量多年平均60mm左右，占全年降水量的10%左右），在春季极旱的年份在某种程度上起到干果的代粮作用。

枣粮间作对小气候有明显的改善作用，据沧州地区林科所测定，在高温干燥的6月上旬，枣林间作地与空旷地比较，气温平均降低0.5°C，相对湿度增加0.68%，风速降低64.2%。为此，大面积的枣粮间作可防止或减轻风害与旱害。在稀疏间作枣林的背风面，树高30倍范围内可降低风速20～35%，对抗御干热风有一定作用；林荫下水分蒸发减少10～40%，土壤含盐量也有所降低。为此，在间作枣林庇护下小麦可增产14.5～38%，大麦增产6～14%，豆类增产20～30%，花生增产10～15%。

枣粮间作也有利于土壤养分良性循环，据测定，干枣叶中含氮480ppm，含磷640ppm，含钾3000ppm；此外，根系含氮，磷、钾分别为1.24%、0.12%、0.16%。枣叶落于地面后，群众一般取回喂羊，少量留于地表参与物质循环。而枣根每年有一部分更新，其死根在土内腐烂，也有利于土壤孔隙度的增加和土壤微生物的活动。

枣粮间作的经济效益，按一般枣、粮面积比为2：8或3：7，每亩15株枣，每株产鲜枣15～30公斤计，可提供225～450公斤（相当于干枣150～300公斤）。1984年干枣收购价每公斤1.5元，仅枣一项便至少可收入225元／亩；而纯小麦、谷子一年两茬分别收200公斤、100公斤，产值分别为85元和42.5元，合计127.5元，间作枣林内小麦谷子由于面积减少20～30%，实际产量小麦、谷子分别为163.5公斤、70公斤，二者合计产值99.3元。为此，枣粮间作亩产值共352.5元，为纯种小麦谷子的3.54倍。

对土壤含盐量>0.3%的地区，宜于紫穗槐与枣粮组成三层结构，具更高的生态经济效益。以青县西白庙村为例，其立体结构的格局如图8-1所示。

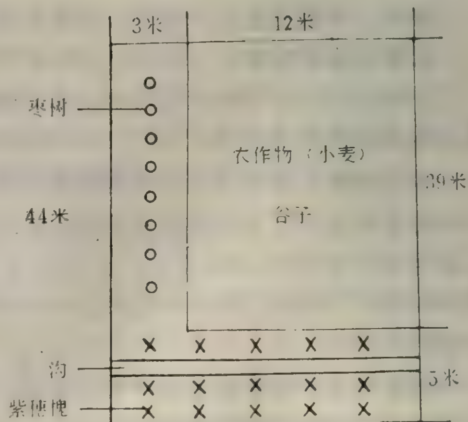


图8-1 西白庙紫穗槐-枣-粮间作的结构模式

二、农田作物种群的时间结构

对黄淮海平原一年两熟及两年三熟制而言，农田作物时间结构的核心问题是提高降水利用率，使得作物在一年之中的生长发育及接茬套茬能与降水年分配节律取得密切的吻合。

1.农田种群时间结构合理性的生态学评价

商丘治理区各类作物耗水量与同期降水量相比有盈有亏，这正是种群时间结构上要探讨的合理性生态学评价问题。将治理区常见的八种作物（小麦、玉米、大豆、高粱、谷子、芝麻、棉花、花生）及春播、夏播种群共12个类别，按其生育期需水量，再按同时期商丘气象站27年平均降水量相比，可以看到夏播作物（夏玉米、夏棉花、夏甘薯等）的适宜性比春播作物及冬小麦为强，而夏播作物中又以夏玉米与麦茬棉花对旱农种植最适宜。至于春播作物中的春花生、春谷子、春高粱、春甘薯，虽在同期降水量上为盈值，但在生育期需水的吻合关系上只有春花生最好。总之，从吻合性程度可以看出8种作物10个种群类别的次序为：春花生＞夏棉花＞夏玉米＞春棉花＞夏甘薯＞春高粱＞春谷子＞春玉米＞夏大豆＞冬小麦。按天然降水所带来的作物的稳产性一般遵循上述规律，但不同作物具有不同的抗旱性能，其中高粱、谷子等比较耐旱，小麦亦有一定耐旱性。

冬小麦主要受春旱影响大，几乎年年受到旱害，风调雨顺年份可带来大丰收，但毕竟十年二、三遇。小麦后期少雨与伴随而来的干热风是小麦双重灾害，特别是对旱作农业而言。但小麦有一定抗旱能力，即使遇春旱减产但尚不致绝收，特别对一年二熟制来说其茬口与夏播秋收作物无争，故群众始终保留较大面积。夏大豆是发育中期怕旱，后期怕涝，过去常与本地区低洼易涝问题有矛盾，加之虫害问题，以及生育期较长，影响下茬冬小麦晒垡、整地时机与质量，故面积时有波动，近年更为缩减。春玉米主要存在拔节-抽穗期的干旱问题，据山东陵县测定，这期间需水量172.9毫米，而同期降水仅116.6毫米。据商丘气象局分析1982年气象情况，夏玉米以6月4日左右播种期为适宜，在这之前播种增产意义不大，这期间降水量共358.8毫米，亩产541.7公斤，特别是拔节一抽穗期间共有降水量182.1毫米（27年平均为96.02毫米），而同期夏玉米仅需水83.7毫米，比较丰足，所以夏玉米发展前途较大。

2.农田作物种群时间结构的模式

以河南商丘治理区为例，耕地中两合土、淤土地、盐碱地、青沙地四大类分别占其总面积的25.8%、18.2%，28.4%、27.6%，亦相应有四种种植业结构形式，组分包括粮食作物、油料作物、经济作物、饲料作物以及药材、果树等。

（1）两合土：复种指数一般170%以上。

倒茬方案主要是：　冬小麦——夏玉米——冬小麦

冬小麦——夏大豆——冬小麦

冬小麦——夏棉花——冬小麦

冬小麦——籽粒苋

少数为冬小麦与芝麻、红薯、花生、高粱、大麦、油菜、谷子、绿豆等倒茬。一年两熟或两年三熟。

例如：冬小麦——夏甘薯——油菜——夏玉米

冬小麦——花生——春谷——冬小麦

(2)淤土地：复种指数一般170%以上。

倒茬方案与两合土类似，但棉花、花生、红薯为少。

(3)盐碱地：复种指数130%左右。一年一熟或两年三熟。

春棉花——春棉花

冬小麦——夏棉花——冬小麦

冬小麦——绿肥——冬小麦

冬小麦——旱稻——冬小麦

有时种植大豆（适于种黑豆），或高粱、大麦、籽粒苋，后三者更耐盐碱，而不宜种植芝麻、花生与甘薯。

(4)青沙土：复种指数140%左右，两年三熟或一年两熟。

改造较好的砂壤土种植制度基本同两合土，但结构中花生、红薯、芝麻、油菜等比例较高。而风砂土则种植耐沙的豆科牧草沙打旺与葡萄、药材、金银花等：

冬小麦——花生——冬小麦

冬小麦——夏甘薯——冬小麦

沙打旺（数年）——葡萄或金银花（数年）——冬小麦

春棉花——春棉花

花生——花生

3.调整农田种群结构的方向

(1)发挥大秋作物优势，提高降水利用率　按河南黄淮平原8种主要作物降水利用率计算总值为49.8%（表8-1），这一数值偏低，说明作物布局与种植业之间在结构上尚未作出最合理的安排。例如，小麦生育期中降水占全年降水量的38.48%，而播种面积占总播种面积的36.03%（占总耕地的54.59%），其降水利用率仅13.86%。因此，提高降水利用指数势必要从适当压缩小麦面积，扩大大秋作物比例上入手。

应当指出，冬小麦有一定耐旱性与稳产性，群众也比较喜爱。1983年商丘地区对629户的抽查，小麦占耕地面积的80.08%，同时全地区30多年来夏粮总产是稳定上升趋势，年平均递增率3.5%；而秋粮受涝灾威胁大，年均递增率1.2%。因此群众在概念上始终认为夏粮比秋粮稳产，事实上，秋粮受涝的频率与程度已日趋下降。

表8-1　黄淮海平原主要作物的降水利用指数

（1982）

作　物	生育期中降水占全年(27年平均)降水量的%	播种面积占作物总播种面积的%	降水利用率（%）
冬小麦	38.48	36.03	13.86
夏玉米	56.94	16.33	9.30
春棉花	80.92	8.34	6.75
春高粱	63.55	2.12	1.35
夏大豆	63.87	11.18	7.14
春谷子	56.45	3.21	1.81
花　生	77.26	5.94	4.59
春甘薯	65.40	7.61	4.98
其　他		9.24	
总　计			49.78

根据历史上涝灾带来秋作物不稳产是基于排、灌系统未完善，并非气候资源必然带来的灾难，如提高降水容蓄能力，涝比旱易于治，夏秋暴雨还能起到洗盐、蓄淡作用与提高井灌能力。事实上治理区一些水利先行的公社现在感到最大的困难是缺水灌溉，也就

是过去以涝为灾，现在以旱为苦。例如李庄乡、谢集乡等背河洼地过去是一片白茫茫、水洼洼，经多年治理后一部分乡涝灾已基本控制，并且土壤含盐量也逐渐降低。但目前小麦灌溉面积仅及小麦播种面积的50～60%，灌水次数亦仅2～3次，灌溉水量共100方上下，因此"麦跟水走",扩大小麦面积必须与治理后保灌面积一致才妥。

按商丘地区气象站1971～1980年十年平均，4～5月降水量大于250毫米的机率为0，春季3～5月降水＞200毫米的保证率为1。23年4～5月降水平均106.5毫米，按亩产300公斤小麦计，尚缺169毫米，相当于要补充灌溉用水113方。据北京农大韩湘玲等对黄淮海地区调查，将商丘划为旱地小麦中常区，亦即稳产率并非较高区，而周口、驻马店一带才是旱地小麦适宜区。由于驻马店4～5月份降水大于250毫米,在1950～1980年30年间的机率为10。春季降水大于200毫米保证率为21，其旱地小麦才能达到稳产。

旱作农业降水产量系数按不同农业水平有一定差异。总的来看，在作物种类之中以夏玉米、夏甘薯降水产量系数最高，冬小麦、春谷子次之，以夏大豆与春棉花较低。

河北青县春旱更为严重，但群众习惯种植粮食，必需灌溉才能稳产的冬小麦为主，常受旱灾。由于冬小麦的受灾，常引起粮食总产的大幅度下降。例如1982年粮食总产1.2408亿公斤，1983年降至0.9344亿公斤，变幅达0.3～0.4倍。耐旱作物由解放初期占作物面积的45.6%下降到目前17.4%。

人们欲从灌溉农业获取增收，实则水资源日益亏缺，而且丰枯之年莫测，尚无可靠规律可循，故向旱农发展战略转移，势在必行。今后按降水节律调整作物结构与布局是主攻方向，同时复种指数以控制在1.3～1.4之间为宜。

按青县1980～1983四年平均降水量为455.4毫米,其中1983年仅326.1毫米的情况,各种作物生育期需水量及同期降水量相比大多形成亏缺现象，亦即降水量远不够正常发育需水量要求。其中亏缺量最大的是冬小麦、春高粱、春棉花与夏大豆，而以夏玉米、春花生与春谷子比较适应降水节律。有的农户在这方面作了较好的安排。例如李洪恩户旱地面积占耕地面积的76.5%，在种植上复种指数控制在1.24，在作物内部结构上，粮食作物控制在占耕地面积的47.6%范围内，抗旱性较强的棉花等经济作物占52.4%，因此获得较高经济效益，平均每亩平均产值为152.2元，比一般农户亩平均高20～50元。有的农户如张兴祥户，旱地占耕地75%，但复种指数达1.67，以粮食为主（占90%），尽管在旱作条件下加强了管理，但经济效益明显下降，亩平均产值仅104.64元。

因此，今后应适当压缩夏粮，扩大大秋与小秋作物。首先要压缩一部分碱地麦、晚茬麦、低产田麦。

如将目前小麦占播种面积的80%压至70%左右，而相应扩大春棉花等地区优势经济作物，及耐旱又耐涝的春高粱和需水量与降水规律较吻合的花生、甘薯、谷子等，有一定意义。

(2) 旱作复种指数不可提高太快　目前本地区复种指数上升很快，按统计局资料，全地区平均值为1.55%，治理区为1.52%，不少乡村已达1.70%以上。历史上一度以两年三熟为主的种植制度正急剧向一年两熟转化，但这一转化速度不宜太猛，否则经济效益未必高，生态效益还将出现负值。

治理区1982年两年三熟与一年一熟面积按春播作物折算约占总耕地的40%，一年两熟占60%。这一比例应基本稳定下来。因为，复种指数与水浇地面积比例密切相关，如果

水浇地占耕地面积40%以下而复种指数超过1.60%就会出现不稳产性，将牵制全年总产。

水池铺、李庄、柳河代表三种灌溉水平的乡，其复种指数分别为1.64%、1.59%、1.47%，夏作与秋作比例分别为39：61，39：61，38：62，这一情况正说明了水浇地面积有限是导致复种指数及夏作比例难以提高的事实，也是群众从教训中摸索出来的规律。

为此，旱作农业复种指数以不超过150%为宜，在部分农田或部分时期有灌溉的条件下以160%为宜。治理区还有8.2万亩盐碱荒地与2.8万亩砂地，在改造过程中必然只能一年一作、两年三熟，特别是盐碱地上的一麦一肥，砂地上的春播作物花生、甘薯应加以保留。

（3）兼顾生态、经济两方面效益　以谢集乡两个1982年的万元户为例，其种植业收入皆在7000元以上，纯利润6000元以上。地区劳模杭洪谋与省劳模张其云共同的特点是重视技术，因地制宜合理安排作物结构。其生产费用仅占产值的10～13%，可见，并非靠过多投放商品能量所获取的高产，是其可取之点。该乡地处背河洼地的盐碱滩或轻砂地上，生产条件差，他们主要以调整作物布局与结构来作为改善生产条件的途径之一，以扩大经济作物面积及推广优良品种来获取较高经济效益，成效十分显著。将灌溉条件能达到三水的小麦面积分别调整到占耕地49%、68%，小麦亩产300～400公斤，以1／2或1／3耕地保证春棉花播种面积，皮棉亩产达80～100公斤。杭洪谋将大豆与小麦倒茬，大豆田只需亩施尿素12斤，节省了投资，亩产106公斤；张其云将大豆间作于棉田中，不占地，但起养地与覆盖的作用。1983年杭洪模的套作棉更发展到亩产116.5公斤，麦茬棉亩产99公斤，仅种植业一项收入便达9565元，如再加上畜牧业收入440元，副业收入4500元，全年收入14563元。据考察，治理区水浇地与旱地条件下分别获得作物高产、中产、低产水平的三类农户，对小麦、夏玉米、春棉花、大豆、芝麻、谷子、甘薯等几大作物种植的纯利润加以对比，可以看出：在有50%的水利条件下土地报酬率最高的是春棉花，亩纯利润达280～350元，夏棉花次之，亩利润180～230元，冬小麦、夏玉米分别为第三、第四，亩利润分别为90～100元，70～85元；对旱地来说，也是春棉花利润最高，说明棉花是治理区盐碱地的优势作物。

棉田保持一定面积有助于增加有机肥源。

据考察，治理区三类生产水平的农户具有不同的有机肥施用水平，究其原因，盐碱地植棉起到促使生态系统良性循环的重要作用。按高产、中产、低产三类典型户的每年还田的有机质分别为1796公斤、1260.5公斤，959.3公斤，直接与植棉面积大小有关。如果种一亩棉花，按中产水平亩产皮棉60公斤计，可得棉柴240公斤，棉饼84公斤，棉籽油18公斤。棉籽饼84公斤，相当于有机质59公斤，此值又相当于175公斤秸秆还田量，与一亩小麦的秸秆还田量差不多。例如杭洪谋户10.98亩棉田，1982年得棉籽饼910公斤，其中一半施田，能从中获得有机质325公斤，相当于提供纯氮15.5公斤；再加上谷物秸秆还田量，使施入土壤中的有机肥达62150公斤，在耕作条件下，如不添加有机肥料，土壤有机质下降到一定程度后不再继续下降，达到另一种平衡，这个最低值称为最低平衡值。一般最低值指标粘土为0.6～0.9%，砂土为0.4～0.6%。按商丘治理区的两合土、淤土、砂土、盐碱土的有机质含量来看，分别为0.4～1.12%，0.8～1.5%，0.4～0.5%，0.36～0.45%，看来两合土、淤土接近平衡值，而砂土、盐碱土则可能已与平衡值相平。这一现象应当重视，亦即提高土壤有机质含量是当务之急，不可全部依靠化肥解决。

应当指出，饼肥直接作为肥料是一大浪费，应主要作饲料，再以粪便形态还田，使氮素利用率提高。棉籽饼含蛋白质30%，动物不能消化的蛋白质返回到土壤里约占1／3，有1／3转化成畜产品，还有1／3的N素通过家畜代谢从尿中排出，又能还田。

总之，种一亩棉花不仅皮棉本身经济效益高，还解决了一个人3～4月的燃料问题，以及获取与种一亩粮食同等价值的秸秆还田量，能导致生态环境演化的良性循环。

此外，发展一定面积养地作物如夏大豆，绿肥及豆科牧草也很重要。

三、建设农田防护林网与片林体系

黄淮海平原的森林覆盖率不高，各地区、县的林木覆盖率10～20%不等。例如1982年河南宁陵县占15.2%，商丘治理区占7%，近年有所改善。

1.林带对于稳定农业生产力的作用

根据近百年来国内外的研究和实践，认为农田防护林带的作用主要有如下几点：

（1）林带可以明显减低农田近地面处的风速。黄淮海地区有许多地方春季最大风速可达20米／秒，甚至24米／秒，8级以上的大风日数每年平均5～10天，对于庄稼危害甚大。但是，有不少县，由于重视并营造了防护林带（网），有效地防止或减轻了土壤风蚀。据河南省农学院、省林科所在睢县龙吉屯乡届庄村建立的常年气象效益观测站1978～1981年的记载，豫东地区在农桐间作的情况下，农田平均风速比对照降低44～58%。

（2）林带减缓暴雨对土壤的侵蚀。河南商丘地区历年平均日降水量150毫米的暴雨日为2.1～4.1天。土壤严重侵蚀多为暴雨所造成，而一般年份雨季的土壤侵蚀现象也很严重。根据笔者过去在东北嫩江县几个农场的观察，防护林带可以明显减轻暴雨对土壤的片状侵蚀作用。

（3）由于风速的降低，进而减缓了农田的无效蒸发，使土壤中的水分更有效地为农作物所利用；这对旱作农业意义更大。据测定，农桐间作的小麦田，土壤蒸发量比对照区减少34%，含水量较对照区高5～10%，绝对湿度增大2.4毫巴。

（4）减缓干热风的危害。黄淮海平原干热风是一严重自然灾害。干热风对小麦的危害是使小麦逼熟早衰，籽粒不饱，千粒重低，轻的一般减产10～20%，重的减产30%以上。商丘县1955～1980年内平均10年之中干热风轻灾的有4年，重灾有3年，无灾为3年。粮桐间作已被肯定为对减缓干热风有明显作用。

（5）减少地表迳流，增加渗入和保存在土壤中的水分。林业科学部门在这方面已报道了许多研究成果，此处不再重复。

由于以上几方面的作用，势必对农作物起着稳产和增产的作用。这方面的研究与报道是很多的。我们1979年在河北省深县后屯村的调查，离林带林高（约8～10米）一倍的距离内，小麦有所减产（即群众所谓林带胁地），但在离林高2～30倍距离处都是增产的，即所谓“减产一条线，增产一大片”。又据1982年在商丘地区桐粮间作地段的调查，在平均每亩有泡桐树3～4株的间作情况下，抗干热风的效果已很显著。按河南省睢县观测，小麦与泡桐间作在行距50米的情况下，减产面积为1.0～1.5%，减产幅度为6～7%，而行间有效增产区平均占耕地面积86.7%，增产幅度也为6～7%。有的报道增产更高。玉米与泡桐间作，林冠下减产平均26.9%，林间增产平均18.1%，净增产9.6%。

2.农业生态系统中片林的功能

害虫是农业的大敌，而鸟类、蛙、蚯蚓等动物日日夜夜捕食害虫和改良土壤等，它们既不向我们索取报偿，也不污染环境，只须为它们保留和创造一个“安居乐业”的生态环境。要作到这一点，除了农田林网之外，还应具备一定结构的片林。

（1）片林应具有一定的宽度　目前华北常见的在道路两旁各种一、二行树的林带不足以作为鸟类等有益动物的安居场所。因为林带紧靠道路，受来往车马和行人惊扰，鸟类等有益动物将受惊而逃避。加之农田施用农药时，药沫随风飘飞，有益动物难免遭受其害。

河北省故城县武北沟大堤上（堤宽约50米）种有20多行毛白杨、洋槐、榆树的混交林，由于林木生长良好，树高8～12米（株行距4×2米），已略具森林生态环境的特征，其中栖居鸟类甚多，树木周围的农田，很少发现害虫危害庄稼的现象。因此片林需有一定宽度。

（2）片林中应种有多种树种　据河北故城里老林场介绍：1962年在场部附近一块砂荒地上种植成片单纯的毛白杨林，由于土质瘠薄和杂草丛生使毛白杨生长极为缓慢。到1967年高度仅3米左右，当地称之为小老头树，形成不了森林环境。从1974年开始在毛白杨树中间种植洋槐，至1977年洋槐高度也达到3米左右，抑制了杂草生长，改善了沙地生境条件，白杨得到迅速生长，至1980年5月高达11～12米。洋槐高度也达8～10米。进入林中，林木遮荫，鸟类飞鸣，始有森林生态环境之感。

（3）片林要根据自然群落的演替规律加以人工辅助演替　建立片林的树种不应是一成不变的，应当及时进行人工换种演替。片林往往主要建立在非耕地或多或少属于逆境的地段。例如商丘地区黄河故道，在风力搬运下常形成基质粗瘠的沙丘，只有造林种草才能制止飞沙的流动。当地群众的经验：第一步种白腊条、刺槐及牧草沙打旺，继而种植耐沙的药材及果树之类，最后待生态环境进一步改善则改植泡桐或实行粮桐间作。如果一成不变地种白腊条，不仅影响农业资源潜力的进一步开发，同时也不利于白腊条本身较高生活力的维持。

（4）片林要以防护为主要目的，兼种有一定经济价值的树种　要建立片林就得占用土地。因此在选用树种上既要考虑其防护效果，又要适当考虑其经济价值。木本粮油树种在黄淮海地区很有发展前途，河南永城县的枣干、睢县的核桃抗逆性都很强，经济价值也高。根据商丘地区群众的经验，种植木本粮油树种有利于加强管理，减少破坏，从而有利于防护林体系的稳定。

第四节　农田中的物质流与能量流

由于自然资源条件的地域变化，物质循环状况也有一定的差异，特别是在不同熟制、不同种植结构和不同的物质投入情况下，在土壤-农作物系统中，物质流动与经济效益也随之不同。在黄淮海平原中低产区例以河南商丘的宁陵县，江苏徐州市的丰县和睢宁县，连云港市的东海县，山东的陵县、乐陵县和德州市，河北的南宫县和枣强县，做为不同类型的代表进行论述。

一、土壤—农作物系统中的物质循环

1.不同生态类型区物质投入水平和赋存状况

表8-2 粮棉产量对比

（平均播亩单产）

地名		江苏东海县	江苏睢宁县	江苏丰县	山东乐陵县	山东陵县	山东德州市	河南商丘县	河南宁陵县	河北南官县	河北枣强县
种植类型		粮油区水稻——小麦、花生	粮棉区小麦——水稻、棉花	粮、杂区麦、稻、棉、玉米	粮棉区麦——玉米棉花小枣	粮棉区小麦——玉米、棉花		粮棉区小麦——玉米、地瓜	粮棉区小麦——玉米、地瓜	粮棉区小麦——棉、杂	
粮食	1984年	886	631	549	526	581	1383.6	436	389	528	287
	1979年	483	388	329	217	244	684	287	260	382	215
	增长率	83%	63%	67%	142%	138%	102%	52%	45%	38%	34%
		>50%			>100%			≤50%			
小麦	1984年	523	549	558	505.5	573	723	486	484	322	256
	1979年	464	450	409	213	218	379	287	289	170.4	191
	增长率	13%	22%	36%	138%	163%	91%	69%	67%	89%	34%
		<50%			>100%			>50%			
棉花	1984年	水稻1001	140	143	163	236	204	120	67	187.2	143
	1979年	水稻601	49	57.2	18	30	46	31.6	18	24.9	26
	增长率	66.5%	186%	151%	806%	686%	343%	280%	272%	651.8%	450%
		>50%			>300%			>200%			
平均年降雨量(毫米)		900～1000		800	600～700			700		550	
平均干燥度		0.8～1.0		1.0～1.2	1.2～1.4					>1.4	

（1）产量情况　中低产地区的产量水平约在200公斤以下，近年来，随着农村政策落实，化肥及其他各种人工物质投入也大大增加，以及家庭生产结构的调整是本区的粮食生产上升的原因之一。由1979～1984年粮棉产量对比看出（表8-2）：①粮食与气候相关，随着降水量的增加农田生物量增大。以徐淮平原粮食产量较高，主要是稻麦两熟，平均播亩单产达到443公斤。山东鲁西北地区年降雨量（700～600毫米）少于徐淮地区（900～1000毫米），平均产量一般在250～300公斤，它靠的是较好的水利条件。从1979～1984年的粮食增长百分率看，以鲁西北地区增长幅度最大，徐淮平原由于基础较好，增幅次之。河北、河南的试点县受水资源所限增幅最小。小麦平均亩产增产率也是以鲁西北为好。从总体来看，在发展粮食生产上不同类型地区均存在着一定的潜力。②棉花生产仍以鲁西北和河北的黑龙港地区为好，可以看出农业生产的地域性与自然资源条件密不可分。③粮食播亩单产仍有个别县处于200公斤以下（河南省宁陵县、河北枣强县），但是其粮食增长幅度都超过30%。

（2）物质投入　通过1982～1984年考察部分农户小麦田，其投入水平见表8-3。

（3）土壤肥力状况　长期以来，人们都在关注着土壤-农作物系统中营养元素的循环状态。黄淮海中低产地区，大部分为冲积性的潮土，其母质沙粘不一，同时还发育

表8-3 小麦田氮素物质投入情况

（纯氮素斤／亩）

地区（户数）	有机氮	无机氮	有机与无机氮素合计*	有机氮／无机氮
东海睢宁（10）	20.2 8～44	26.7 12～40	46.88	0.76
丰县(9)	41.1 17～59	22.5 12～30	63.6	1.8
宁陵、商丘(6)	22.1 7～30	20.26 8～28	38.84	0.92
德州、乐陵、陵县(13)	14.8 3～44	31.9 12.6～63.6	46.7	0.46
枣强、南宫(8)	15.7 8～27	31.2 10～39	46.9	0.50

* 氮素合计中包含各类饼肥、土杂肥、厩肥及氮素化肥.

着轻重不同的盐渍化；滨海区以盐化为主，形成其特有的盐类地球化学特征。本区还有褐土、砂姜土，经人类的长期开发和培育，土壤肥力不断地在变化着。有机质含量从1.16～0.34%，有机质一小部分呈游离态，其大部分与土壤矿质部分结合呈难溶态不易被植物吸收。可溶性养分含量对高产农作物的需求是远不足的，这就要有无机氮素补充。无机氮不仅是农作物直接利用所需，而且为土壤微生物在分解有机质活动中所必需。

土壤含氮量以面积为一亩地土层深20厘米计算，含126.85公斤氮素，水解氮6.85～7.15公斤；全磷104.55公斤，速效磷0.615～0.68公斤。再从各种农作物氮素转化效率上看：小麦亩产400公斤，则需纯氮素12公斤左右。土壤中水解性氮素仅有6.5～7公斤，外加氮肥施用量的有效率约达35%或更小，这样折算下来，土壤水解氮含量就远远不能满足农作物需要了。特别是棉花、小麦，以施用25公斤硫铵（含氮21%）计算，实际氮素有5.25公斤，施用中间过程损失65%左右，真正能被植物利用的只有1.3375公斤氮素。与土壤本身（水解氮6.85～7.15公斤）氮素加在一起也还是不足12—12.5公斤。因此还需以有机肥补足。

在当前投入水平和经营方式的情况下，从全氮量和C／N比值看，营养元素基本平衡或有上升趋势，但就目前的肥力水平看，仍然是不高的。关于土壤微量元素的作用，都曾有过专门的研究，它们对农作物的产量和品质起着不可忽视的作用。就本区而言，土壤中水溶性硼的含量属于临界值（0.6ppm），因此施用硼肥效果是明显的。硼元素的地球化学特征一般易于在盐土、粘质土、腐殖质多的土壤中富积，增施有机肥对硼元素的富集有好处，当有机物被分解时，硼就释放出来，他们之间有较好的平衡关系。由于土壤酸碱度（pH）为中～碱性，因此有效锌的含量降低，表现出缺锌，有效性锌在1ppm以下（溶于0.1N盐酸），施用锌肥有一定效果。

二、物质流的生态经济效益

1.氮素转化效率

据目前的投肥水平和作物产量计算，即以投入1斤氮素所能生产出的粮食有多少来计算，将氮素转化效率列于表8-4。由表中看出：①黄淮平原西部豫东地区，玉米施肥

表8-4　1984年黄淮海平原部分地区的氮素转化效率

地　　区	农作物种　类	亩　产（公斤／亩）	施入氮素（有机、无机）（公斤／亩）	每斤氮素转化产品数量（公斤）	每100斤产品所需氮素（公斤）	氮素结构有机氮／无机氮
黄淮海东部（东海县）	水稻	523.5	27.0	9.75	2.565	1.27
苏北地区（睢宁、丰县）	小麦	347.95	55.25	3.15	7.935	1.24
黄淮海平原西部(宁陵县、商丘县)	小麦	185.1	19.4	4.75	5.25	0.92
鲁西北地区（乐陵县、德州市、陵县）	小麦	289.45	23.35	6.2	4.05	0.46
黑龙港地区（枣强县、南宫县）	小麦	189.75	23.45	4.05	6.2	0.50
苏北地区	玉米	401.85	11.05	18.2	1.4	0.44
黄淮海平原西部	玉米	293.3	7.7	19.0	1.3	0.35
鲁西北地区	玉米	307.7	14.2	10.8	2.3	0.42
黑龙港地区	玉米	268.75	10.8	12.4	2.015	0.75
黄淮海平原西部（皮棉）	棉花	82.0	24.45	1.65	15.15	1.12
鲁西北地区（皮棉）	棉花	82.0	30.95	1.3	19.25	0.53
黑龙港地区（皮棉）	棉花	83.05	16.55	2.5	9.95	0.44

转化效率好，所分几个地区转化率顺序为：豫东38，苏北36，黑龙港25，鲁西北21。产量顺序为苏北丰县401.8公斤/亩。②水稻：苏北的东海、睢宁县，在高投入、高产出的生产水平下，氮素在水稻产量上转化率不高。③棉花：目前河北南宫县棉花产投率较好，每公斤氮素转化5公斤皮棉。其次为豫东3.3公斤。鲁西北的三个县，因投入氮素较多，影响转化效率（2.65公斤）。④小麦：从产量及氮素转化效率上看均以鲁西北(12.4公斤)为好，其次是豫东(9.5公斤)，河南小麦还有优质的特点。黑龙港的枣强县、南宫县为8.1公斤。苏北地区因氮肥投入较多，相反转化效率并不高（6.3公斤）。

在两熟制中，氮素转化率仍然较低。稻—麦两作，氮素转化率平均为20.7公斤粮／每公斤纯氮。小麦—玉米两作平均为15公

表8-5　小麦氮素平衡状况*

公斤／亩

县　名	投入氮素	带走氮素	平衡状况
江苏东海县	41.2	16.0	+12.6
江苏睢宁县	38.7	13.7	+12.5
江 苏 丰 县	61.7	20.6	+20.55
山东乐陵县	58.0	18.6	+19.7
山 东 陵 县	54.2	18.5	+17.85
河南宁陵县	47.6	17.6	+15

*各县定点测定结果

斤。鲁西北区较黄淮平原稍高。其他，如小麦一谷子，小麦——大豆，小麦——红薯氮素转化率同样较低。本区氮素转化效率低的原因较多。提高转化率也是提高亩产的问题，这些都有待于在开发过程中进一步搞好科学化。

2.农田氮素平衡

在农业生产过程中，一般多重视产量的多少，而对农田土壤中营养元素的平衡较少考虑。本区各种农作物农田氮素多数有盈，其中小麦盈的最多，可能与当前投入肥料过多有关。同种农作物如小麦在不同地区的养分平衡状况见表8-5。

由表8-5同样看出，虽然由农作物带走的氮素在不同地区和不同品种之间存在差别，但盈亏主要与投入物质多少有关。在一年两熟的情况下，农田养分平衡状况与单季作物一样多数为盈（见表8-6），在投入氮素中由于损失也计在内，则增多了盈值。由于各夏播作物与小麦连作，投入肥料多以小麦为主，麦——棉间作中的棉花田投肥也比较多，除小麦——红薯外，其平衡状况均属盈值。

表8-6　粮食作物一年两熟下的氮素平衡状况*

地　　区	两熟作物	输入氮素(公斤／亩)	输出氮素(公斤／亩)	平衡状况
黄淮海平原东部	稻——麦	39.6	20.35	+19.25
	稻——麦	41.3	18.25	+23.025
	麦——红薯	34.8	29.05	− 4.25
	麦——玉套豆	28.4	17.85	+10.55
黄淮海平原中部	麦——玉米	46.1	21.1	+25.0
	麦——棉	56.3	16.0	+40.3
黄淮海平原西部	麦——玉米	36.8	18.85	+17.95
鲁西北地区	麦——玉米	42.45	19.85	+22.6
	麦——大豆	24.35	10.6	+13.75
	春棉（一季）	19.85	11.85	+ 8.0
黑龙港地区	麦——谷子	23.25	6.3	+16.95

* 把有机、无机氮素都计入输入氮素中，输出氮素以生物产量为主。

3.土壤肥力变化

如前所述，在不同农田生态结构的情况下，土壤养分平衡结果多为盈值，它对土壤肥力的提高起到一定作用。土壤微生物在氮素供养下大量活动而消耗土壤中的碳素，同时也存在着氨态氮的挥发损失。为此，我们用C／N比值作为土壤肥力变化、供肥能力大小的相对指标，来比较一下肥力的相对变化，见表8-7。从表8-7可以看出：无论是麦茬土还是秋茬土，其C／N比值在整个中低产地区，变化没有太大差异，但具体到某种

表8-7 黄淮海部分地区土壤C/N比值

地域与种植结构类型		麦茬土C/N	秋茬土C/N
黄淮平原	稻——麦	10.6	9.0
	麦——棉	10.2	12.2
	麦——玉米	10.3	9.9
	麦——玉米	11.2	10.5
	平均值	10.6	10.4
鲁西北地区	麦——棉	10.8	9.7
	麦——玉米	11.5	9.5
	麦——大豆	10.9	12.0
	麦——谷子	10.6	11.2
	平均值	11.0	10.8
黑龙港地区	麦——棉	11.8	10.6

农田结构类型中稍有变化。根据土壤养分平衡状况，这种增减差值与施肥结构有关。特别是夏种，一般以无机肥为主，有使C/N比值降低的可能。据考察，黄淮中部地区（丰县），夏播棉田中施入的有机肥可占到55%左右，因此到秋收后土壤C/N比值表现出增加是很有益的（特别是饼肥的施用）。

据1981年有关资料，土壤有机质含量范围为0.62～0.94%，平均值为0.73%。C/N比值范围是7.88～10.15，平均值为8.3。C/N比值相对上升，由1983年10.6增至1984年11.51；速效性养分1984年比1983年也稍有提高。这表明土壤肥力在人们的开发生产过程中得到了一定的培育。

通过上述流动效率分析，本区的氮素转化效率虽然不高，但当前的作物结构和生产方式，对土壤资源显示着一定的保护和培育的生态学效益。然而，多余的物质投入或投入结构的不合理，使成本提高，这在经济上是不合算的。

4.经济效果分析

在黄淮海平原上种植玉米有其优势，它省工、成本低（20～30元/亩），玉米对当前发展畜牧业是不可缺少的饲料资源，有其可取的经济效益。水稻的亩成本高影响亩利润。棉花的亩利润三个地区都在150元以上，仍是高投入、高产出的盈利作物。小麦是黄淮海平原上的主要农作物，各地亩成本相差不多（50～70元/亩），但是收益各不相同，其原因在于各地水肥条件、单产水平不同。

在一年两熟的情况下，不同作物结构的经济效果是不同的。

经济作物棉花轮作产值较高，麦棉套种经济效果较突出，每亩净收入都在200元以上。麦一棉套种比一季春棉经济效果还好。还可收获一季小麦，是很有实用价值的。所以这种套种方式在北方植棉区已普遍采用。各种粮食作物轮作方式多以小麦为主作物，配以其他粮食作物，其经济效益也各不相同。黑龙港地区水资源较差，影响效益，但也能比较出地区的优势，它的麦一棉、春棉（200元以上）及旱谷子（40元左右）等的经济效益还是很明显的。小麦一玉米各地都有较广泛的适种性，在发展畜牧业上，经济效益是多方面的。总的说，在培肥土壤较好的情况下，一年两熟制不论在产量上还是产值方面都有较高的报酬。

三、农业生态系统中的能量转化

1.农田生态系统中自然能利用状况

农田生态系统的生产过程是通过绿色植物的光合作用直接把无机形态的自然能（太阳能）转化为有机态的生物能，所以，光能的多少在一定程度上也决定了该地区的生产潜力，区域内的光能资源年总幅射能量为116～127千卡/厘米^2，而对光能的利用率还

是较低的。

黄淮海平原中低产区的粮食作物籽粒光能利用率最高在0.7%左右，平均为0.34%。生物学产量光能利用率最高达1.6%左右，平均在0.85%。从黄淮海平原东部到西部，籽粒光能利用率从0.47%降到0.29%。从鲁西北到黑龙港，数值由0.3%降到0.27%或更低。生物学光能利用率也有相同的变化趋势。

在自然能投量相同的地区，不同作物的光能利用率不同，如在黄淮海平原东部，水稻较小麦高。在自然能投量不同的地区，相同作物的光能利用率亦不同。如丰县的小麦产量就比商丘地区的高。同样，鲁西北地区亦高于黑龙港地区。

但对该区农业生产起关键作用的是水热条件，光能虽在某种程度上表示着一定的生产潜力。但还不是限制性因素。随着水热条件的经纬变化，即东部的水热条件优于西部、南部优于北部，则光能利用率亦有着相应的高低分异。所以结合当地的水热条件，选择适宜的高产品种或改进熟制可以提高对光能的利用率。如在一年两熟的情况下，光能利用率提高很多。本区有些高产地点的光能利用率与我国其他高产地区（中南、华南三熟高产田）最高光能利用率2.5%近似。但与世界最高产地区的光能利用率近于5%的水平相比，本地区还有着相当的潜力。

2.农田生态系统中人工投能及其效果

农业生产投入的能量可分为自然投入能及人工投入能。自然投入能包括农业生态环境中的光、热、自然肥力等一般自然界的能量。人工投入能又可分为有机能和无机能，前者包括劳力、畜力、种子和有机肥等，后者包括农机具、农田用油、电、化肥、农药或还包括投入的生产物资释放的机械能、化学能、物理能等其他形式能。人类在农业生产中的活动就是要创造一个高效能、低消耗的农业生产系统，以满足人类社会需要。所以研究人工投能，对于农业生产，特别是对农业战略研究显得格外重要。

（1）不同类型地区农田投能水平及能量构成　黄淮海平原中低产地区到1983年农田投能水平和能量构成与1979年相比有所改变，见表8-8，8-9。通过两个表的数据对比看出，在投能水平上1979年的投入量每亩小于1000兆卡，到1983年都有所增加。水稻、小麦田投能除黑龙港区外，其他地区平均在1100兆卡以上。棉田投能平均高于1200兆卡。其他如夏玉米投能平均均为500兆卡。还可以看出，在粮食生产为主的黄淮海平原东部和中部，粮田投能高于棉田，而在植棉集中的鲁西北和黑龙港地区则相反。

表8-8　1979年黄淮海平原部分中低产地区投能状况与效率

地　　区	投入能量（兆卡／亩）	有机能／无机能	产出／投入
商丘地区	87.6	5.54	1.72
衡水地区	73.0	2.67	1.93
德州地区	82.0	2.72	1.88

在能量构成上，1979年有机能／无机能的比例平均为3.6，到1983年主要粮田（小麦）其比值平均约为1，其中黄淮海平原西部偏高为2.3，而东部偏低为0.7。有机肥能／无机肥能比值，在1979年黄淮海平原中低产地区（北方七个区）平均为3.42，1983年比值在2.6～1或<1的范围。在能量构成上，无机肥数量的增加直接影响整个农田投能水平的提高。全国1979年粮田平均投能1200兆卡，无机能投入量为230兆卡，占23%，其中化肥能和农药能占50%，为11.50兆卡，属中等水平。发达国家无机能投入约为400兆卡，其中化肥能和农药能占12%，约为160兆卡（引自“农业投资经济效果研究部分研

表8-9 黄淮海中低产区小麦田化肥能投量及效果对比

地区	化肥能投入量（兆卡／亩）	化肥能占无机能%	籽粒产出折能（兆卡／亩）	化肥能产投效果（产出／投入）	产投效果平均值
东部	43	75	126	2.9	2.6
	33	72	75	2.3	
中部	39	78	135	3.5	3.99
	34	76	155	4.5	
西部	33	75	116	3.5	3.7
	24	92	97	4.0	
鲁西北	42	69	148	3.5	4.3
	32	50	164	5.1	
黑龙港	36	64	92	2.5	2.8
	25	73	76	3.1	

究选编”）。相比之下该区当前无机能投入一般为40～600兆卡，棉田可达80～900兆卡，可谓高水平无机能投入区。

（2）农田能量转换效果 农田能量的投入水平和投能结构在不断地演变。与此同时能量的转化效果，随着资源条件的地域差异和社会经济条件的改变而显示相应的高低。

在同一地区由于生物体的生态特性，高产作物的能量转化效果好，如水稻比小麦田的产投比高，同一作物在不同地区的变化，如麦田能量投入产出比值在黄淮海平原呈现由西向东渐增的趋势。鲁西北区高于黑龙港区。棉田，则在黄淮海平原中部的能量产投比低于西部、鲁西北和黑龙港地区。鲁西北地区与黑龙港区，在光、热条件方面都适宜棉花生长。

黑龙港地区有些地点的生产具有低单产、高产投比的特点，如小麦亩产200公斤，能量投入每亩为680兆卡，为其他地区的50％左右，而产投比约为2.3。化肥能投入量每亩250兆卡，化肥能产投比为3.1。与东部相比，西部也具有这种生产特点。

本区能量投入产出效果随无机能所占比例的上升而有所提高的趋势与实际生产情况是相符的。然而，在目前的生产条件下，无机能的投入与其效果并非呈直线正比关系。反映出麦田里投入的化肥占无机能70％以上，在产投效果上起着主导作用，产投比在2.5以上，效果是明显的。在生产水平较高的地区，化肥能投入过多，效果相反会降低。例：东海县稻麦两熟，年亩产都在750公斤以上，在投入化肥能每亩为430兆卡的情况下，其产投比为2.93。而在江苏丰县化肥能投入340兆卡的情况下（占无机能比例近似），其产投比为4.51。鲁西北的德州市，化肥能投入320兆卡，产投比竟达到最高5.13，投入产出净增量也最高1320兆卡。以产投比和能量投入产出净增量为指标，在鲁西北地区小麦田能量转化效果最好，黄淮海平原中部次之。棉田能量转化效果以鲁西北

为最佳。

上述效果的出现，首先与整个中低产区能量投入的增加有关。其次，能量结构的改变在很大程度上决定着投入产出效果的提高，尤其是无机能所占比例的提高，对农田能量输出力的增加起着重要作用。本区由于原来的肥力基础薄弱，再加上自然灾害，整个生产系统产量较低。近几年来灾害性天气减少，科学种田技术加强，从而发挥了光、热、水资源的调配作用，在人工投入能量增加的情况下，产量大大增加，使能量转化效果提高。有些地区缺乏水资源，虽然光热条件较好，但所投能量仍然发挥不出应有效果，不能提高产出量，蓄积着一定的潜力。如在黑龙港地区考察到，小麦田仅有两次灌水或者有的纯旱地灌不上水。相比之下，能量转化效果较差，表现出低单产、高产投比的生产特点，即由于水而束缚了能量的投入和转化。

随着生产的发展，复种指数逐年提高。当前在中低产地区，多数为一年两熟，这就增加了土壤能量输出的数量。然而在不同地区、不同农田结构的情况下，投能转化效果不同。为了获得较高的产出，在改变熟制提高复种指数的情况下可以看出，稻麦和麦棉两熟制投能水平提高，平均每亩达2000多兆卡，小麦——玉米两熟投能在1500～2000兆卡。从产投比看，粮食作物两熟平均在3.0以上，而小麦、棉花两熟仅为1.7。与1981年的豫东小麦——玉米两熟制的产投比1.1～2.18相比，当前豫东的能量转化效果有很大提高。

在相同地区不同农田结构的情况下，如黄淮海平原中部的麦——玉米、麦——棉、麦——甘薯类型相比，以麦——玉米为最佳，产投比和净增重都高，麦——棉(夏播棉)效果较低，黑龙港区的麦——玉米、麦——甘薯、麦——谷子两熟类型相比，在当地水资源不足的情况下，以麦——甘薯两熟类型较好，其投能60万千卡，产投比达到5.8，投入产出净增量为2850兆卡。总的来看，黑龙港的农业生态系统具有较高产投比的特点，表明在能量转化上存在着一定的潜力。

通过能量转化效果的分析，看出黄淮海平原中低产区实行一年两熟的效果是好的，但应有适当的投入和适宜的结构。本区的生产水平和特点基本上摆脱了低投入低产出的那种粗放的经营方式，逐渐地走向高投入高产出的集约经营。

第五节　建立农牧结合的生产体系

一、农牧结合的物质能量转化状况

农业第一性生产产品的多级利用是一项充分利用农业能量，提高投入产出效果的极为重要的一环，也是农业生产结构生产功能的体现。农业生产的主副产品多级转化的途径很多，利用的方式和级次不同，会有不同的效果。养殖业是建立生态农业的中心环节，并成为建立最佳农业生产结构必不可少的一部分。当前，农区畜牧业的发展主要是利用秸秆、草、糠麸、饼粕及部分粮食进行物质和能量的二次转化，生产奶、蛋、肉等。

黄淮海平原中低产区，由于过去第一性生产的物质基础量低，所以进行多级转化能力弱，畜牧业产值一般占农业总产值的百分之几。

本区畜牧业的发展是不平衡的。以粮食生产为主的区域，养殖业的收入有的可占到家庭总收入的40～50%，一般户只占到10～20%。在棉花生产集中的地区，家庭经济收入中以经济作物为主，养殖业收入只占5～10%。

党的十一届三中全会以后，随着粮食亩产的大幅度提高，人们认识到，必需把粮食转化成商品，以提高经济收入。在经济体制改革和产业结构调整的形势下，养殖业得以发展，给农村经济带来了生机，也为农业生态系统中物质的转化增加了新动力。但从总体着眼物质转化的现状并不理想。1984年部分地县统计结果表明，养殖业所消耗的饲料粮约占全县粮食总产量的22%。

农副产品、糠、秧、秸秆是养殖业的主要饲料。在黄淮海平原各农户秸秆用于饲料平均占总秸秆量的55%，而在棉区只占34%（与棉柴不能被用做饲料有关）。河北省枣强县1983年全县秸秆利用情况见表8-10。

表8-10 枣强县秸秆利用概况

（万公斤）

农副产品总量	烧　柴	饲　草	积　肥	直接还田	盖房用料
21631.5	10805.4	6548.82	3231.54	168.92	879.03
99.96%	49.95%	30.27%	14.9%	0.78%	4.06%

据研究，以种植业生产为主的农业生产系统的生产力是低的，特别是由于牧业所占比重较低，由第一性生产向第二性生产的物质、能量的转化状况不佳，以致整个农牧结构系统生产力（种养业）每亩产值只约270元。

目前黄淮海平原农业生产结构还比较单调，种植业比重大，据若干个县的实地考察，1983年种植业占农业总产值76.5%，畜牧业占12.2%，林果业占3.9%，渔业占不到1%。在农业结构上农林牧副渔各业是相辅相成、互相促进的，如果不协调会造成相互抑制。本区牧业非常薄弱，对农业生产的发展不利，在一定程度上已构成了阻碍作用，在物质循环和能量转化中，已成为一个重要的环节。

二、农牧结合是调整生产结构的突破口

1.农牧结构现状

农业生产系统生产能力的高低取决于一定生产结构下的物质能量的投入、产出和转化效率，由于本区长期处于以种植业为主的单一结构，物质循环和能量流动的转化效果差，表现出结构的不稳定性。如部分地区出现的卖粮难问题，并非是系统生产力过高所致，而是由于物质的流动与转化受到障碍的结果。因此，农牧结构的调整已成为当前提高系统生产力的关键。目前，本区农牧结合的情况大体可分为四种类型：

（1）单一种植业型　以种植业为主，少量养殖业，非商品性。其生产特点是低投入低产出，粗放经营，养殖业周期过长，效益低。这种类型多处于旱涝盐灾害严重地区，自然条件差，但所占总农户数的比例较小。

（2）种植业加养殖业商品率较低型　其生产特点是高投入，基本摆脱粗放经营方

式，饲养周期长，但总体经济效益仍不高。该类型的农户数量较多，种植业收入占家庭总收入的80%，养殖业量少，主要是役用大牲畜和为积肥养的猪，平均每亩地的养殖业产值约合70元。

（3）种植业加养殖业商品率较高型　生产特点是高投入高产出，养殖业量大且周期合理。总体经济效果显著，正向集约经营生产迈进。该类型占总农户的15%。养殖业的饲料以自种为主，饲料量约占粮食总产量的50%，经济产投比达3.5～7.2，养殖业产值占农业总产值的50～70%，平均亩养殖业产值合200～600元。

（4）种、养、加（工）、销（售）综合经营型　商品性很高，可称为农工商类型。该类型目前数量不多，如江苏东海县某家庭养殖场，种植小麦、大豆、西瓜、芝麻和蔬菜；养殖鸭、鹅几万只，养鱼几百万尾；加工板鸭、冻鹅、冻鸭、咸水鹅，并销售加工产品和鸭绒等，同时利用冷库贮鱼、贮蛋业务，全年总产值几十万元，扣除成本、工资等消费外，纯利润达几十万元。

纵观以上四种结构类型，本区农业生产应从大包干的个体户走向专业户、专业村（片），进而向家庭农场发展，形成农工商综合经营的经济实体。只有这样才能合理地充分利用当地的农业资源，形成一个高效率的农业生态系统。所以，农业生产结构的调整应以农牧结合做为突破口，进行综合开发，发展商品经济。

2.建立农牧结构的可能性

充分地利用农区的饲料资源发展畜牧业生产，走农牧结合的道路，在黄淮海平原很有必要也很有条件。

（1）种植业为畜牧业提供丰富的饲料　黄淮海平原年产农作物秸秆约700亿公斤。其中，主要是玉米、小麦和薯类作物秸秆，比例分别为37%、32%和14%。其他如大豆、花生、油菜等秧秆。若按每头黄牛每年需用饲草2250公斤计算，可供3100万头黄牛一年的饲草需要。然而，实际生产中的利用量仅占约1／3的数量。

1983年本区约有42.5亿公斤棉籽，可得棉饼37.5亿公斤，目前大部分是直接施入田里作肥料。若经过脱酚处理，它们将是一个数量巨大的蛋白质饲料资源。再有，花生、大豆、芝麻、油菜、葵花等饼粕约15亿公斤。其中用作饲料的部分仅占20%，尚有80%没有很好地开发利用。

总之，种植业的发展，可为畜牧业的发展提供良好的条件。

（2）畜牧业为种植业产品转化创造条件，并提供肥料　近年来由于粮食生产发展比较快，有些地方出现过卖粮难的情况，难卖出去的主要是玉米，这就使农民对生产玉米等杂粮的积极性降低，1985年出现了夏播粮食作物管理粗放，甚至粮田撂荒，严重地影响了土地资源的合理利用和粮食生产的稳定。玉米等杂粮不仅是人们所需粮食的一部分，而且是畜牧业发展的重要饲料。因此，畜牧业的发展，必将会稳定本区的粮食生产发展。

（3）农牧结合综合效益好　在全面实行联产承包责任制的基础上，农村形成了多种经济形式的互相联系和结合。其中最引人注目的是各种形式的专业户联合体和村片的大量涌现，促进了农村商品生产的大发展。通过对典型村片的调查看出，农牧结合较好的村片不仅使农业生产经济结构发生改变，提高了人均占有量，增加了社会的物质量，而且充分利用了一切可利用的资源，提高了生态系统的生产力。

据1984年10个信息县的粮食总产的50%和等量秸秆量的2/3进行转化，按1/10法则由植物性能量向动物性能量转化，经计算在转化过程中，有22%的能量又以不同的物质形式返还给土壤，同时提高了单位面积的载畜量，增加了人均占有量。

三、农牧结合的正确途径

1.农牧结合发展的形式

黄淮海平原农牧结合的发展，关键在于畜牧业的发展，但问题的核心在于效益。本区粮食生产在“六五”期间虽有很大程度的提高，但仍有不少地区产量水平未能超过千斤。在粮食稍有余的情况下，发展大型的畜牧业生产是不现实的，而以户或联户发展家庭农场养殖，逐渐形成村片或区域是可行的。

2.调整种植制度发展饲料种植业生产

据加拿大材料，每亩紫花苜蓿的平均干物质是小麦的4.7倍，蛋白质是小麦的7倍，且养分比较全面，又能固氮肥田。又据江苏邱县调查的结果，紫花苜蓿一年可割4～5次，亩生产干草粉达1000～1250公斤，相当于目前3～4亩玉米产量。丹麦、荷兰、澳大利亚等国家几乎都以种苜蓿和其他饲草饲料来发展畜牧业。在本区应在稳定粮食生产的前提下，充分利用土地资源，大搞间作套种，改进耕作制，发展饲料饲草生产，而不是种出粮食之后再去转化。通过物质转化和能量流动的研究，两熟制在本区的农业生产中得到了一定的肯定。其中小麦——玉米结构的农田生态经济效果较好，在黄淮平原显示着一定优势。小麦——红薯结构在水资源不足的土地上，有明显效果。如在黑龙港地区，这不仅可为畜牧业提供较好的饲料，而且也为发展饲料业的专门生产提供了可能性。

第六节　建立最优农业生态系统的途径
——生态农业的建设

一、生态农业的理解与意义

生态农业是按生态经济学原则建立起来的农业生产体系或复合农业生态系统。在这一体系内，农、林、牧、副、渔诸业都能因地制宜地得到发展；资源得到合理的分室利用和综合利用；其产品经过多层利用和加工过程大大提高了经济价值；环境质量得到保护；通过自然的和人为的调控，使这一体系长期保持稳定和有序状态。因此，生态农业又可称之为高效益的持久性农业，其目标是与自然长期共存。在自然资源得到正常更新、环境质量不断提高的前提下，通过生态工程技术提高其生态、经济与社会效益。通过生态农业可改变一个地区的经济组成，使松散结构向整体有序结构转化，建立长期稳定的经济体系。

农业生产的发展乃是一部检验自然界容量阈限的历史。事实上出现的超越其弹性阈限的种种灾难，使人们不得不重新认识农业经营的原则。从农业生产一开始，人类祖先就缔造了作物生态系统，它与自然生态系统在结构、功能与维持平衡的机制上便存在着

显著差异。发展至今，已出现了各种各样的农业生产体系。大体上可以归纳为三类：一是建立在掠夺自然资源基础上的原始农业，以很少的投资换取有限的眼前利益，结果导致肥力耗竭、水土流失、环境变劣等一系列严重后果；二是追求高水平的“石油农业”或“化学农业”，结果是投入的资金和能量越来越高，换回的产品越来越少，而且导致了土壤结构的破坏和严重的环境污染；第三类是系统生产力高又兼具保护生态环境的生态农业，这是人类经过各种教训后所创造的一种农业生产体系，是当今世界农业发展的趋势与希望。

生态农业的特征可归纳为：

①多成分、多层次的复合生态系统，食物链较长，或呈网络结构。

②在能源利用上，尽量利用于自然，辅以必要的补充，使附加能量保持在一定水平上。

③在物质循环上，充分发挥复合生态系统“内循环”效益，以节省附加能量与资源的投入量，尽量切断污染物的流入。

④资源的再利用程度高。

⑤经济效益、社会效益与生态效益并行增长。

⑥近代技术及近代科学成就的普遍渗入。

二、生态农业的机理与效益

1.发挥整体效应，提高生态系统生产力

农业生态系统是一个庞大的多因素、多组份的生态经济系统，包括农、林、牧、副、渔五个亚系统，各亚系统又可分若干组份。如各组份各亚系统皆纳入统一安排、协调发展的轨道，便能在总体功能最优化发挥下获取最高的生产力，这就是“整体效应”所带来的效益。“整体效应”的威力决不是各组份各自功效的简单相加，而是成倍地增长。

“种、养、加”产业结构模式，是将种植业、养殖业与加工业密切结合，发挥“整体效应”而收益呈几倍增长的一种模式。例如海安县缪庄村有480户，一半从事豆类加工业，主产品销往外地换回原料，副产品豆渣喂猪，猪粪上地，基本上不用化肥，既获取了农、牧、副三业综合效益，又减少了污染源进入农业生态环境。徐得银专业户用此途径养猪73口，在总收入10075元中，猪收入占51.4%，磨粉加工占24.8%，产品外销贩运占9.8%，制豆腐收入占4.9%，种植业（2.4亩)收入占3.9%，此外养羊收入占4.9%。其成本费占总收入的26.4%。由于生态效率提高，养一口猪5～5.5个月，获活重85～100公斤，除购入混合饲料用20元外，其余皆来自豆加工的副产品，畜产品质量与产量皆高于一般水平，每口猪可净收43元。专业户加工豆制品后又自行贩运到外省，利润每50公斤10元。这种专业户是乡村“种、养、加”结构的一个缩影。

2.发挥“边缘效应”，扩大物质循环规模

在河流下游三角洲低洼地区，通过水陆之间物质交换规模的扩大而获取较大生态经济效益，是利用了一种生态“边缘效应”的结果。“桑基鱼塘”、“稻基鱼塘”即为这种效应的最佳模式之一。例如建湖县董徐村有1263人，耕地1423亩，人均1.18亩，另有人均河塘0.12亩。过去这里是低洼易涝、种植业不稳定、养殖业不发达的贫困地区，1978年人均收入仅70元。通过基塘分开建设成两个亚系统，各发挥其优势，组成一个大

生态系统。由于调动了水陆之间食物链与物质的连结、交换、转化、补偿的关系，提高了生态效率。每亩桑田可得净收入300元，每亩鱼塘可产鱼100～150公斤，而且可净化环境，对化肥、农药施用量皆有所缩减。塘泥代替化肥使标准化肥施量由原来每亩70公斤降至目前30公斤，农药每亩3.6元降至0.92元，1984年该村人均收入已达734元。又如建湖县裕丰村1978年前亩施标准化肥125公斤，农药8.5元，协调水陆能流物流关系后化肥节省了一半，农药每亩降至2.8元，一麦一稻亩产两千斤，1984年收入是1978年的5.3倍。由于这种能量、物质转运、交换的规模已涉及两个迥然不同性质生态系统的内容，开发潜力更大。有的农户还在鱼塘养殖珍珠，利润为生产费用的5倍，前景诱人。

3.食物链加环，提高生物能利用率

由绿色植物到第二性多级生产者的能量转化，过去一般只有一、两个环，如牛、羊吃草，猪吃粮等，使生物能利用率不高，造成很大浪费。食物链加环意味着生物能利用过程充分、分级利用的次数增多。生物—粪便—沼气生态工艺，是食物链加环与无废料生态工程的一个模式。苏北三县已较普遍地利用鸡粪喂猪、猪粪与秸秆提取沼气、沼气肥养鱼、塘泥施田的做法；或牛粪养蚯蚓、蚯蚓喂鸡、鸡粪喂猪再提沼气的做法。这种食物链环由1个增至2～3个环的结果，不仅经济收入大大提高，而且净化环境，又解决了农村能源困难问题，真是一举数得。建湖县董徐村1984年利用粮、稻草、骨粉、贝壳等加工成45万公斤配合饲料，养禽1.5万只，又对鸡粪加工配合饲料22.5万公斤，喂养肥猪900多头，再把猪粪投入沼气池，用沼渣喂鱼，原来价值4万元的15万多公斤的饲料和秸草多层利用，换得23万元的猪、鱼产品，经济效益提高4.76倍。

4.发挥生物共生优势，成倍提高经济效益

生物共生互利的关系在自然界普遍存在，苏北农民巧妙利用这一原理到农业生产中成倍提高了效益。在淮河下游水网密集地区，群众丰富多采地利用了稻鱼共生、苇鱼共生、蚌鱼共生、鸭鱼共生、藕鱼共生、菱鱼共生以及鱼苇鸭共生，稻、萍、鱼、杉树等直接或间接的共生关系取得了令人称羡的效果。建湖县有一个九龙沟，在干湿交替的荡滩地区过去只芦苇一项收入，每亩不过十几元。通过放水培育水生动物，将天然的苇蒲与人工藕菱以及鱼鸭共同组成一个沼生植物与水生动物共生的生态系统，亩产值成几倍地提高。如苇子单产由原来100公斤上升到350公斤等。这里河湾迂迴，水碧幽静，还可发展为休养地及旅游场所，有利于人们生态心理的陶冶。建湖县近湖乡长沟村利用稻田养鱼，在117亩稻田中平均每亩具有0.15公斤左右重的鲜鱼27.8公斤，水稻单产达575公斤。由于鱼粪肥田，化肥只每亩施用尿素10公斤，且基本上不用农药，亩净收入约250元以上，比单纯种稻亩产最多500公斤，净收入按150元计，至少要提高0.6倍。

利用共生原理进行生物防治在这里也取得了成功的经验。例如在棉田利用高粱有机带及收麦时留茬较高，以提供害虫的天敌栖居的机会，有效地消灭了一部分蚜虫、红蜘蛛、棉铃虫等。此外，还在耕作制上利用麦——玉米——棉间、套作的格局来保护天敌。这是一种在农田作物种群结构上利用了提供害虫的天敌定居、繁殖、转移的机会所获取的防虫治虫共生互利关系。由于控制农药的施用量是生态农业内容之一，对棉田基点县而言更为重要。大丰县在110万亩耕地中有86万亩棉田，过去农药用量每10年要增量3～12倍：1953年、1963年、1973年用量分别为63吨、209吨、3671吨。自1975年开始在棉田试点有机带以来，将生物防治与化学防治结合，现这部分棉田的50公斤皮棉产量

的用药费用已由每亩4～5元下降到2～4元。总之，不仅动物与动物之间的共生互利关系在农业生产上大可利用，而且还广泛涉及植物与植物之间，植物与动物以及与微生物之间的关系。

5.农田作物多种群的合理空时结构，有利于提高第一性生产力

扩大绿色植物光能的利用规模，是提高生物能积累量的根本途径，也是提高系统功能与生态效率的核心问题。海安县的果、桑、药、菜多层结构是高效的庭院经济模式之一。位于高坑沙薄盐碱地区的光明村，有3897人，4000亩耕地，人均仅1.02亩，他们以经营庭院经济为核心也获取了人均五百元以上的收入。如高殿忠户在0.7亩庭院中一年进行五种五收，仅此一项收入便达2600元，自称为“树上采、地下割、土里扒”，搞成一个高光合效率、高土地利用率的多种群空间立体结构与时间演替结构的总体格局，成为我国多熟制农田种群工艺的一个精华与缩影。目前的趋势是以此为基础向庭院农林牧经济结合方向发展。除重视收入高的经济植物外，也适当种植玉米、豆类来发展养殖业，使第一性生产与第二性生产更好地结合起来，取得更高收益。

6.土地资源综合开发，向生态农场转化

苏北有一定面积的土地资源有待开发利用。例如濒临大海的新滩涂正在向海洋延伸。大丰县在长达109公里的海岸线上，每年要增长陆地2～2.5万亩。新、老滩涂与海堤的开发建设一直被人们所关注。近年来搞活经济的政策调动了群众的积极性，进行综合开发建设取得了成效。例如大丰县老海堤区的斗龙港堤防管理站正在建设“林草牧”型生态农场，新滩涂竹港地区正在开发为“草牧奶牛”牧工商联合企业基地。斗龙港三龙堤防管理站共28人，管理旧海堤1.3万米，劳动力资源潜力大，但过去只管堤不搞生产，把大片土地资源白白浪费。现将保护与利用结合起来，三十多年来种植的刺槐、柳杉、水杉、桑竹已初具绿色防护林带规模，在此基础上，利用堤外空地种植果树、豆科牧草、瓜菜经济作物，站屯附近挖塘养鱼，建立乳牛场等，已形成一个较稳定的林果草畜生态系统。以炼乳为主要商品销售外地，1984年产值竟达10万元。令人注目的是，以围绕护堤与保护自然资源为主积极发展“生态农场”型经济，与对新滩涂进行“种草先行，改土养畜”建成以乳牛为主体的牧工商联合企业，有异曲同工之妙。

7.围绕绿肥发展轮间套作，促使土壤养分良性循环

培肥土壤，用养结合是苏北生态农业重要特点之一。例如大丰县的耕地主要分布在滨海盐土上，盐、瘦、板本是农业发展的三个阻碍因素，培育好这样的土壤是百年大计。大丰县1950年时皮棉单产仅5公斤，1959年为23.5公斤，1970年29.5公斤，1974年开始上升至50公斤，1975年以后稳定在50公斤以上，1983年达72.9公斤。按该县对1100个土壤样品进行测定的资料，有机质含量1973年、1976年、1982年分别为1.09%，1.19%，1.21%。其主要特点是稳定地以绿肥作为主要肥源，结合种植业结构调整而获取培肥土壤的效果。70年代的“五种三熟耕作制”体现了用养结合，继而“粮＋棉＋绿肥”，又推行“四种三收一发展”，在复种指数不断上升(1.70%，绿肥未计入)的情况下，地力不衰，主要是依靠了绿肥。在105万亩三麦面积中间作绿肥占80万亩，纯种绿肥10万亩。据该县农业局所作的基础肥力试验，证实在这类土壤上有机肥可形成70%的产量，确定了以绿肥为核心的有机肥为主要改土的方向。

第九章　黄淮海平原粮棉布局

第一节　粮棉生产概况

一、粮棉豆生产的主要情况

1.粮食生产首次出现购销平衡

粮食生产是本区农业的主要问题。长期以来生产不能自给，严重影响整个农村经济的发展。

“六五”期间，粮食生产别开生面。1983年粮食产量有了重大突破。全区征购粮食163.5亿公斤，城乡销售（包括京津等大中城市）162亿公斤，首次实现区内粮食购销平衡。同时，形成了一批商品粮集中产区。1983年粮食总产量达630亿公斤，比1980年增产195.5亿公斤；人均粮食达到380公斤，超过全国平均379.25公斤的水平；粮食单产由1980年的143.5公斤增加到213公斤，平均每年增加23公斤多，而全国平均每年增加不到15公斤，增长量比全国多8公斤。

小麦播种面积基本稳定在1.3亿亩以上，1980年占耕地的45.3%，1983年占耕地的53%。1983年较1980年增产的粮食中，小麦占74%，水稻占7%，玉米占12%。全区在1984年和1985年，细粮生产仍保持稳定的增加。稻麦播种面积分别为1983年的105.6%和107.4%，总产量平均为1983年的111.8%。

粮食增产格局开始由局部发展为全面增产。过去主要靠苏北和山前平原增产粮食，近年来，过去比较落后的黄淮平原和鲁西北平原也成了增产粮食的主要地区。

2.棉花发展迅速

棉花生产在本区占有相当大的比重，产量在全国居首位，是我国主要的产棉地区。1983年棉花播种面积占耕地的13.65%，达到约4400万亩，占全国总数的一半，比1980年的2567.6万亩增加了69.4%。棉花产量为5000多万担，占全国总量的一半以上，比1980年的2072.7万担增加1.43倍，单产水平全区平均57.5公斤/亩，成为棉花高产区。1984年总产突破6000万担，使我国皮棉产量得以跃居世界首位，在改变进口原棉中做出了重大贡献。如河北省1983年和1984年全省皮棉产量分别为1400万担和2000万担，而消费只需300～400万担，仅占总产量的1/5。本区1981、1982、1983三年比1980年增产棉花4070万担（其中1983年增产2932.1万担），比种植粮食增加收入46亿元，对农业生产的发展起着举足轻重的作用。与此同时，以棉花主副产品为原料的加工企业开始兴起，有的已成为地方经济的支柱，为本区农村产业结构的调整，发展农村经济起着巨大的促进作用。

3.大豆产量略有回升

黄淮海平原在历史上就是我国夏大豆集中产区，1952年大豆播种面积曾达到6273万

亩，为全国总播面积的35.8%，总产量为28.25亿公斤，占全国总产量的29.7%。由于价格政策、耕作制度、栽培管理等方面的原因，大豆播种面积逐年下降，到1978年播种面积下降到2617万亩，仅为1952年的41.7%。近年来，由于单产的提高，总产量略有回升，但仍未达到50年代的水平。从总的情况看，30多年来大豆单位面积产量是在不稳定的波动中提高了，如1982年和1983年单产平均为70.5公斤，比1952年增加25.5公斤。播种面积两年平均为3400万亩，为1952年的54.2%。然而，1983年大豆总产量已回升到25.2亿公斤，占全国大豆总产量的25.8%，成为我国大豆两大产区之一。

4.农田投入较高，生态向良性发展

实行生产责任制以来，农田物质投入水平大大提高。通过对1983、1984年两年信息户的农田监测，小麦田投入的有机和无机总氮量约为20～25公斤，夏播作物每亩约10～15公斤。若以一年两熟计，合每亩一年投入总氮量达35～40公斤。其中有机氮与无机氮之比在1：1～1：2范围之间，较1980年亩投入无机氮10公斤有较大增加。以8个地区的总施肥量统计，1983年平均亩施无机氮为14.25公斤，1984年达到16.6公斤，投入量明显增加。据报道，1979年全国粮田平均投能120万千卡，无机能投入量为23万千卡，其中化肥能和农药能占50%，列为中等水平。本区1983年无机能投入一般为40～60万千卡，其中化肥能占70%以上；与发达国家的无机能投入40万千卡，其中化肥农药占42%相比，可谓高水平投入区。由于作物布局的调整，经济作物种植面积扩大，棉花、油菜等的籽饼大量还田，对培肥土壤起到了良好的作用。在一年两熟和两年三熟的情况下，农田氮素平衡后均为正值。据10个县51个信息户的四次农田土壤监测，土壤有机质平均含量在1.2%左右，土壤全氮量在0.07%左右，土壤C/N的比值约为11。与1981年有机质含量0.73%，C/N比值8.3相比，土壤肥力有所改善。可以认为，本区农业生产基本上摆脱了掠夺式的经营，农田生态逐渐趋向于合理，随着农田结构的改变，如粮枣、粮桐、粮（荆）条间作和农田林网的建设，以及畜牧业的兴起，农业生产正朝着良性农业生态系统方向发展。

二、存在的主要问题

农业生产虽然取得了很大成绩，但从当前的生产来看，还存在着一些问题。

1.农民生产粮食积极性下降，生产出现了徘徊

近两年粮食生产出现了徘徊局面，从8个地区94个县（市）统计（见表9-1、9-2）

表9-1 1984-1985年黄淮海平原粮食播种面积和产量对照表

项目 \ 年份		1984年	1985年
粮食播种面积	粮食总播种面积为1983年的%	97	96.5
	细粮播种面积为1983年的%	105.6	107.4
	粗粮播种面积为1983年的%	87.3	86.5
粮食产量	粮食总产量为1983年的%	99.1	102.4
	细粮产量为1983年的%	111.8	111.8
	粗粮产量为1983年的%	80.7	88.7

看，1984年、1985年变化不大。这主要由于粮经比价不合理，生产粮食的经济效益大大低于经济作物。再加上柴油、电力、化肥、农药等生产资料的价格问题，从而，影响了农民生产粮食的积极性，减少了对粮田的投入，放松了对农田的管理，甚至出现大面积的弃耕现象。

表9-2 1983-1985年8个地区粮食产量对照表

（单位：亿公斤）

项目＼年份	1983年	1984年	1985年
粮食总产量	185.65	183.9	190
稻麦产量	104.75	122.65	122.65
其它杂粮	175.9	61.25	67.35

2.畜牧业生产薄弱，阻碍农业生产进一步发展

在农业结构上，各业比例不协调，畜牧业生产非常薄弱，阻碍着农业的进一步发展。近年来种植业产值占农业总产值的76%左右，畜牧业只占约10%。畜牧业发展速度低于全国平均水平。1980年至1983年，除大牲畜外，猪羊年末存栏数逐年减少，且减少幅度较大。1984年比1980年大牲畜（主要是役用）增加271万头；增长31.5%；猪减少646万头，减少20%；羊减少538万只，减少24%。平均每百亩耕地才有大牲畜4.6头、猪和羊各6.9头。这种状况对于种植业产品的转化极为不利。1983年通过低产地区10个县的51个信息户的考察，每亩第二性生产投能量约为100万千卡，产值约70元，效果较差。当前畜牧业生产多数还保持着小农经营方式，商品率低，效益差。再加上产品价格、销售等许多环节还不适应商品生产发展的需要，畜产品的消费水平不高，抑制了畜牧业的发展。

第二节　粮棉生产分区

为了揭示黄淮海平原粮棉生产空间分布规律和地区差异，合理地调整当前粮棉生产的结构和布局，发展商品生产，需要对粮棉生产进行分区，因地制宜，分区发展。

一、分区依据

为了达到调整粮棉生产布局，发展商品生产的目的，分区的依据主要从下面几个方面来考虑，第一，种植情况；第二，商品状况；第三，自然条件；第四，粮棉平衡状况。

1.种植情况分析

各种作物在空间上的分布都会产生出空间的差异和变化，并且在时间和空间二要素的共同作用下在地域上产生不同的交迭，交迭的结果，就形成了地域作物种植类型。不同的地区由于条件不同其种植类型也不同，地区间存在差异（包括作物种类和数量上的差异），这种差异是地域作物的种植整体上表现出来的差异，不同于单项作物分布产生的差异，区别在于前者为整体，后者为个体，前者对差异的反映要比后者全面和稳定。于是我们便选择种植类型作为反映种植情况地域差异的指标。

不同类型的作物种植比例不一，有的比例很大，有的却很小。例如，1983年黄淮海平原小麦占总播面37.3%，高粱占1.9%，小麦的比重是高粱的20倍，从而，使它们在地区种植上的地位和作用形成了主次之分，本文的粮棉作物种植类型，就是采用粮食主

要作物与棉花主要经济作物的组合确定的。

1983年黄淮海平原粮食作物占总播的情况，小麦的比重最大，占总播的1/3还 多；其次为玉米，占总播的1/6；再次是大豆与薯类，分别为8.5%和7.1%；水稻 因 集中分布在徐淮地区，为该区拳头作物，所以，也列为粮食的主要作物。这样，小麦、玉米、大豆、薯类、水稻等五种主要作物与棉花的组合，便构成粮棉种植类型。

这种划分的方法是借鉴植物群落划分中所采用的一条重要划分原则——优势种原则而提出的。

为了更好地作好结构与布局调整工作，种植类型的指标采用作物占耕地比，而不用播比。资料选用1978～1983年六年平均值。黄淮海平原六年资料比较完整的 有285个 县（市），限于计算机的容量只抽取59个县（市）作为代表，进行划分。这59个样点基本上是均匀分布于整个黄淮海平原地区。

在利用计算机进行划分时，对棉花、小麦、大豆要侧重考虑。因为，小麦是该区粮食中主要的作物，尤其在当前，口粮基本上以面食为主，所以应该重视；大豆非一般性粮食，商品性较强，出于贸易考虑也给予侧重。侧重的比例棉花为2.5，小麦、大豆均为1.5。这样，棉花、小麦，大豆又成为六种作物中的重要作物。计算机聚类分析的结果见图9-1。

根据分类枝状图的情况，在相异指数100处截开，图上便出现四种类型。

第一类，主体作物是小麦、玉米、棉花，并以棉花多为其重要标志，大豆、薯类很少，水稻基本没有。主要分布于鲁西北和黑龙港地区。

第二类，主体作物是小麦、大豆、薯类，玉米较少，分布于皖北、豫南和豫东地区。

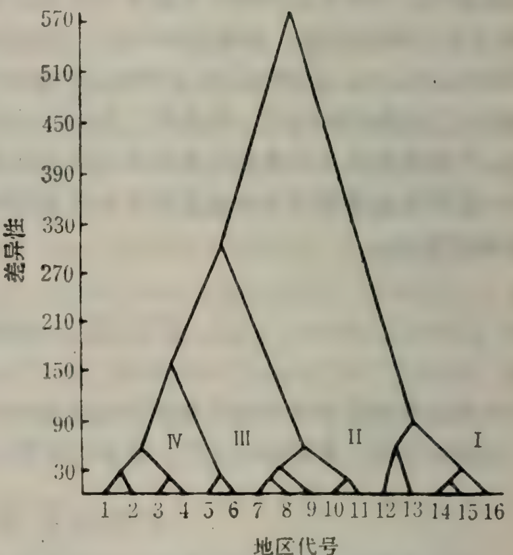


图9-1　黄淮海平原粮棉种植类型枝状分异图

代号	县（市）
1	涟水　泗阳
2	滦南　丰润
3	沧州市　静海　宝坻　无棣
4	武邑　饶阳　永清
5	保定市　顺义　安阳市　长葛
6	武陟　浚县　香河　南和　寿光　定县　任丘
7	宁陵　中牟　固镇
8	灌县　沛县　邳县
9	柘城　杞县　鄢陵
10	宿县　太和　西华　蒙城　新蔡　项城　夏邑　阜南
11	西平　长坦
12	莘县　平原　商河　晋县　茌平
13	单县　巨野　荷泽
14	清丰　隆尧　故城　定兴
15	栾城
16	广平　邯郸　新乡　威县　东光

第三类，主体作物是小麦、玉米，也拥有相当比例的棉花和一定数量的大豆，是一种成分较复杂的类型。主要分布于太行山前平原。

第四类，主体作物是小麦、玉米，但小麦较其它地区偏少，而玉米偏多。主要分布于冀中低平原和京津唐地区。

2.商品状况分析

农产品商品量等于总产量减去自给量。由于不同产品自给性质不同，它的产品状况也不同。

棉花产品基本上都转化为商品，自留的部分很少，从而，使棉花的产品率反映不出地区间商品生产的差异。商品量是个绝对量，只反映各地棉花的供给量，而不能体现各地棉花占用耕地的负荷状况。

同样，粮食的商品量也有同样的问题，它掩盖了生产单元（县或市）的大小（即耕地多少）差别，使县际间难以进行比较。粮食的商品率是以商品售出为前提的，当遇到粮食亏缺时就失去了它固有的作用。鉴于此，我们建立了一个能缓和上述问题的指标，即亩耕地占有商品量（商品总量/总耕地）。在棉花上用总产量/总耕地表示。因为棉花产量接近于商品量，这个指标可消除各地耕地资源量不同而引起的商品量差别，同时还可反映商品生产的水平。在粮食上采用净征购粮/总耕地表示，该指标除了消除耕地规模差异的影响外，还可反映各地商品输出（或输入）的状况及其水平。当遇到亏缺时还可反映当地要解决亏缺需要做出多大的努力。净征购粮等于征购粮减去农村返销粮，它基本上反映农村粮食供需状况或商品状况。可以看出，净征购粮有正有负，亩耕地净征购粮指标随之也可正可负，正的为提供商品粮，负的为调入粮。

亩耕地净征购粮的分布，大致可分三片。第一片为短缺和提供很少（<25公斤/亩）区，分布于鲁西北、河北低平原及冀中山前平原；第二片为大量提供和提供较多区，分布于苏北、皖北、河南平原和冀南山前平原；第三片为余缺混杂区。

亩耕地商品棉的分布，黄淮海平原基本上是中间多，两头少。而中间部分又以鲁西为集中区，聚集了整个平原亩耕地商品棉25公斤以上30个县中的25个，占80%。此外，冀南低平原中部，冀南山前平原，豫东平原也提供较多的商品棉，为二级产棉区。

3.粮棉平衡分析

粮棉布局需要进行平衡，不能单项安排，否则，会顾此失彼，影响区际优势的发挥。如太行山前平原区，从棉花产量来说优于黑龙港低平原区，然而，此区水土条件好，粮食丰产，是黄淮海平原中较为理想的产粮区。据邢台地区区划办公室介绍，邢台地区山前平原县的耕地粮食亩产量相当于东部低平原县的二倍多，而植棉前者只略高一点，两者相差无几。这样，若从棉花产量来看，山前平原县是宜棉县；若从粮棉平衡来说，山前平原县却不宜植棉。目前，邢台地区正在压缩山前平原县的棉田面积，并调整到东八县低平原区。因此，粮棉生产布局需要进行区域平衡。

黄淮海平原粮食作物中小麦占一半以上，是该区主要的粮食作物，也是主要的口粮。因此，在考虑粮棉关系时应以小麦作为粮食的代表。此外，还因为粮食作物种类繁杂，可比性差。如薯类目前虽作为粮食作物，但作为食用粮的却很少，玉米同样也有这个问题。薯类和玉米等杂粮近年不受重视。于是，在考虑粮棉关系时提出以麦棉单产比作为粮棉布局的平衡指标。

麦棉单产比，是指亩耕地种植小麦可获产量和种植棉花可获产量的比值。由于各县缺少实际材料，现就以小麦平均单产和棉花平均单产之比代替。麦棉比值高，意味着收获一公斤棉花需要用较多的小麦损失来换取（棉花以单作考虑），麦棉比值低则反之。为了增强材料的稳定性，小麦和棉花的单产是采用1978～1983年六年的平均数值。

麦棉单产比在黄淮海平原中的分布格局，基本上表现为东部低、西部高。其中，又带有中间偏低、两头偏高的趋势。如东部的鲁西北、黑龙港地区，平均为4.1，低于太行山前平原的西部地区6.2，苏北平均为4.6，低于皖北和豫南的6.6和8.4。又如东半部中段鲁西北和黑龙港，也低于苏北和京津唐地区。

4.农业自然条件分析

“旱涝碱”是黄淮海平原农业的“三大害”，是影响作物结构布局的主要自然因素，也是该区改善生态条件发展农业生产的主要矛盾。因此，分区中也就把它作为自然条件方面的主要考察对象。

“旱涝碱”中“旱”为其首。“旱”即缺水。农业上水的来源有降水，地表水和地下水。降水量直接影响旱情。在黄淮海平原抗旱中，地下水发挥很大的作用，尤其在旱情严重的黄河以北地区。例如石家庄和黑龙港地区年降水量差不多，但石家庄地区水文地质条件较好，地下水充裕，开采方便，农业发展水平较高，粮食自给有余，亩耕地提供净征购粮50公斤/亩以上。而黑龙港地区地下水贫乏，农业生产受到极大的影响，粮食亏缺或勉强持平。这样，从“旱”情考虑便选择了年降水和水文地质条件两个指标。

“涝”方面缺乏材料有待于补充。

“碱”包括盐碱土和盐碱化两方面。盐碱土和盐碱化的有无与轻重，与粮食生产关系密切。现今农村粮食亏缺的地区基本上就是盐碱化较重的地区，如黑龙港和鲁西北。山前平原、豫南、皖北没有盐碱化问题，于是，粮食一般都自给有余。这样，从“碱”方面考虑，便选择了盐碱土和盐碱化分布这个指标。

除了上述三个指标对粮食生产和布局影响比较强外，还有积温的影响也比较强。黄淮海平原地域广阔，南北相差10个纬度，积温相差1000°C左右。它直接影响了不同作物的布局以及茬作的安排。如棉花，在北部的京津唐地区由于积温不充裕播种比例就很小。因此，在“旱涝碱”以外，积温（≥0°C积温）也列为反映该区农业自然条件的重要指标。

总之，年降水、水文地质条件、盐碱土和盐碱化程度和≥0°C积温等四个指标，就作为反映该区农业自然条件的主要指标。这四个指标都具有明显的区域分异规律。

（1）≥0°C积温　南北分异明显。黄河以南等温线呈近纬向规则地向南递增，积温均在5000°C以上。黄河以北到京津南面地区，等温线稀疏且变化不规则，并存在一个5000°C的闭合线，致使很大范围上的积温左右于5000°C。此区的积温在4600～5000°C之间；北部的京津唐地区等温线密集，变化快，积温在4600°C之下。

（2）年降水　南北差异也很明显。黄河以南等雨量线密集南凸，脊线在涡河附近，雨量变化在650～950毫米之间；黄河以北等雨量线呈环形，并存在550毫米的闭合回线。区内（京津以南）雨量差别不大，基本上在550～600毫米范围内；北部京津唐地区雨量开始回升，年降水量在650毫米左右。

（3）水文地质条件　主要指蓄水层的分布情况。它的分布局势也可以划分为三种类型区。第一类型区，为鲁西北和黑龙港极少量的分布区；第二类型区，为山前平原砂层带状连续分布区；第三类型区，为黄淮平原（不包括鲁西）的片状相间分布区。

（4）盐碱土和盐碱化状况　它的分布大致也可以划分为四区（片）。第一，山前平原非盐碱带状区；第二，鲁西北、黑龙港、豫北东部和豫东西北端等盐碱土较多和盐碱化威胁较大的大片地区；第三，豫南、豫东大部和皖北大部无盐碱区；第四，苏北盐碱土零星分布区。

在农业自然条件四个指标中，>0°C积温和年降水的分布相吻合；存在黄淮平原、京津唐平原和介于这两个区之间的中部平原等三个区的分异；水文地质条件和盐碱的分布基本上趋向于山前平原，黄淮平原(鲁西除外)和鲁西北黑龙港低平原等三个区的分异。

二、分　区

1.分区原则

（1）种植类型相对一致性；

（2）商品状况相对一致性；

（3）麦棉单产比值相对一致性；

（4）农业自然条件相对一致性；

（5）发展方向相对一致性；

（6）行政区界相对一致性。

以上六条原则中，以种植类型相对一致性为基础，其它五条原则为参考。

2.分区方案

通过种植类型分布、商品状况分布、麦棉比区域分异和主要农业自然条件区域分异等四个方面的分析，黄淮海平原粮棉生产地域性差异最大的，首先是鲁西北、黑龙港低平原区与其外围地区的差异。在种植类型枝状分异图上，它们最后才与其外围地区的类型合并的，合并点值为580，高出倒数第二个合并点值（300）的近一倍。在作物构成上，以小麦、玉米、棉花为主，棉花多于其它任何地区。在粮食供给上表现为短缺或勉强自给，商品棉却是全区最多。自然条件方面，以盐碱土多盐碱化严重为其根本特征。鲁西北黑龙港的外围区，种植类型以粮食作物为主，棉花相对较少，粮食都是自给有余，盐碱甚少。但其内部存在着较大的差异，首先从图9-1中可以看出，种植类型方面是由三组亚类组成的，若在纵座标100位置上截开，这三个亚类可与鲁西北、黑龙港大类并立，构成四种种植类型。

这三个亚类独立代表着三个种植类型区。它们是：（1）黄淮平原（不含鲁西）种植类型区；（2）太行山前平原种植类型区；（3）燕山山前平原种植类型区。这三个类型区基本上也是三个农业生产单元。黄淮平原以生产粮食为主，商品粮提供最多，棉花少，作物构成上主要是小麦、薯类、大豆三种作物；自然条件较为优越，降水多，积温高，盐碱少。太行山前平原粮食提供的也较多，棉花也有相当数量，主体作物是小麦和玉米；自然条件以山前平原为特色，基本无盐碱。燕山前平原区包含着冀中低平原与京津唐二部分地区，两者在种植类型上虽然相似，但经济地理条件差异却很大，京津唐地区拥有北京、天津、唐山三大城市，是郊区型农业，生产方向是为三大城市服务，与冀

中低平原存在着本质性的差别。因此，一般把冀中低平原与鲁西北黑龙港划在一起；这还由于它们都是低平原，盐碱分布都较多，在利用改造上有共同之处。

根据种植类型的分异、商品状况的分异、麦棉比的分异和主要农业自然条件的分异等四个方面的结合分析，拟把黄淮海平原划分成四个大区，在大区内又根据它们各自的情况再分二级区（亚区），并划分出11个亚区（见表9-3），京津唐地区由于区域较小，不进行亚区的划分。四大区粮棉生产的条件及概况，见表9-4。

表9-3 黄淮海平原粮棉生产分区方案

一级区		二级区
Ⅰ	南部黄淮平原区（南区）	1.苏北 3.豫南 2.皖北 4.豫东
Ⅱ	东部低平原区（东区）	1.鲁西 3.冀南低平原 2.鲁北 4.冀中低平原
Ⅲ	西部山前平原区（西区）	1.豫北 3.冀中山前平原 2.冀南山前平原
Ⅳ	北部京津唐平原区（北区）	

表9-4 一级区自然条件和粮棉生产状况

项目 \ 数值 \ 地区		南部黄淮平原区	东部低平原区	西部山前平原区	北部京津唐区
自然条件	年降水量（mm）	700～1000	600左右	550～600	700左右
	≥0°C积温（°C）	5100～5500	4600～5000	4700～5000	4300～4600
	盐碱状况	较轻	严重	甚少	较少
	水文地质条件	一般	较差	良好	一般
六种主要作物占耕地比（%）#	小麦	55.7	48.2	54.9	36.0
	玉米	15.6	31.1	39.0	30.0
	水稻	9.4	1.3	1.7	14.1
	大豆	19.2	8.9	5.0	2.8
	薯类	19.3	5.7	8.0	2.7
	棉花	7.4	17.1	14.5	3.6
净征购粮（亿公斤）		65.9	1.65	25.3	3.7
每耕亩净征购粮（公斤）		63.51	1.95	61.95	21.3
每农业人口平均粮(公斤)		494.5	379.0	456.0	479.5
每农业人口平均耕地（亩）		1.7	2.1	1.6	1.9
粮食播面亩产（公斤）		218.5	186.5	235.5	228.5
单产平均增长率（%）#		10.0	11.7	4.2	6.9
增长率变差系数#		16.5	22.1	15.1	15.4
棉花总产量（万担）		1271	2976	905	108
亩耕地棉花（公斤）		6.15	17.75	11.10	3.100
麦棉单产比值#		6.5	4.1	6.2	6.7

为1978～1983年6年资料平均值或计算值，无者为1983年数值

3.分区评述

（1）黄淮平原区（南区）　地处黄河以南，包括江苏的徐淮地区，皖北、河南黄河以南地区，共三个省、92个县（市）。

该区≥0°C积温为5100～5500°C，年平均降水量700～1000毫米，土壤主要有砂姜黑土、沙壤土、潮土，盐碱较少，自然条件优越，大部分地区一年可二熟。主要农作物有小麦、大豆、薯类、玉米，占耕地比例分别为58%、19%、19%和16%。近年来粮食生产发展较快，单产平均增长率为10%。1983年平均单产218.5公斤，平均每人占有粮食近495公斤，亩耕地净征购粮74.5公斤，为黄淮海平原四个区中提供最多的地区，也是全国比较重要的粮食供给区。因此，粮食生产是其基本方向。

根据区内生产条件和生产状况的差异，黄淮平原又分成苏北、皖北、豫南和豫东四个亚区。

①苏北平原亚区。该区的自然条件对粮食生产很有利，1983年人均粮达655公斤，为黄淮海最高水平，平均单产为295公斤，单产平均增长率9%，变差系数为11.3，单产的增长既快又稳。1983年净征购粮20亿公斤，亩耕地平均77.5公斤，为全黄淮海平原地区中最高，大力发展粮食生产，提高宏观经济效益。

②皖北平原亚区。主要作物为小麦、薯类和大豆，占耕地比例分别为59%、27%、26%，棉花的比例较小，仅6.2%。1983年粮食净征购23亿公斤，亩耕地净征购72公斤，接近于苏北77.5公斤/亩。而同年棉花总产才200万担，只相当于鲁北总产量的1/9，亩耕地棉花才3.15公斤，麦棉单产比平均6.6，高于全区平均值（其中砀山和萧县较低），从整体上应重点安排生产粮食，建成粮食区。

皖北平原大部分地区是砂姜黑土，粮食产量比较低，1983年平均单产185公斤，为黄淮海平原最低产区，单产平均增长率为14.4%，却是南区最高，人平均占有耕地也是在南区中最高的，为1.9亩，总之，该区粮食生产潜力很大。

③豫南平原亚区。主要农作物为小麦、大豆、玉米、薯类，其中，小麦占耕地总数的61%，为黄淮海平原小麦占地最多的地区，其余三种作物分别为21%、19%和17%，棉花很少，仅占4%。1983年净征购粮12.15亿公斤，亩耕地净征购粮62公斤，属粮食提供较多的地区。亩耕地棉花才2.5公斤，与种植比例一起同属黄淮海平原最少的。因此，粮食生产显然是本区种植业的基本方向。

豫南粮食生产不太稳定，单产增长率的变差系数为22.1，涝为其患，今后需要重点做好防涝工作，稳定和提高粮食生产。

④豫东平原亚区。气候偏干燥，热量条件较好。主要作物有小麦、玉米，占耕地比例为56%和22%，大豆、薯类、棉花也较多，分别为18%、16%和11%。1983年粮食净征购11.25亿公斤，亩耕地净征购粮41.5公斤，农人平均占有粮385公斤，单产增长率为8.3%，这些项目在南区中部排在最后。棉花情况却相反，1983年总产量为560万担，亩耕地平均为11公斤，这些都高于南区中其它三个亚区。麦棉单产比值平均5.2，低于黄淮海平原平均值5.5，其中，太康、扶沟等县多在4左右，低于5.5平均值31%，因此，此区是黄淮平原中较好的植棉区。

豫东平原中黄河故道横贯东西，沙土比较多，土壤瘠薄，干旱也比较严重，干热风威胁较大，因此，需要增施有机肥，发展灌溉，发展林业，搞好干热风防御工作，促使

粮棉双丰收。

黄淮平原各亚区的自然条件及粮棉生产状况见表9-5、9-6。

表9-5 黄淮海平原二级区自然条件状况

项目＼数值＼地区	苏北	皖北	豫南	豫东
年降水量（毫米）	900～1000	900左右	900左右	700左右
≥0°C积温（°C）	5200左右	5300左右	5400左右	5200左右
盐碱状况	零星分布	局部	无	局部
水文地质条件	较差	较好	较差	较好

表9-6 南部黄淮海平原二级区粮棉生产简况

作物＼数值＼地区		苏北	皖北	豫南	豫东
六种主要作物占耕地比例%*	小麦	46.5	59.2	61.1	56.2
	玉米	14.1	6.0	19.3	22.3
	水稻	28.2	5.0	3.3	2.5
	大豆	12.5	26.3	20.6	17.5
	薯类	16.5	27.1	17.7	16.0
	棉花	6.5	6.2	4.0	11.2
净征购粮（亿公斤）		19.45	23.00	12.5	11.25
亩耕地净征购粮(公斤／亩)		77.5	72	62	41.5
农人平均占有粮(公斤／人)		655	478.5	458.5	384
农人平均耕地(亩／人)		1.7	1.9	1.6	1.7
粮食平均单产(公斤／亩)		295	185	215	215
粮食单产平均增长率(%)*		9.0	14.4	8.7	8.3
增长率变差系数*		11.3	16.7	22.1	17.0
棉花总产量(万担)		370	200	100	560
亩耕地棉花(公斤／亩)		7.35	3.15	2.55	11.05
麦棉单产比值*		4.6	6.6	8.4	5.2

* 为1978～1983年六年资料平均值或计算值，其他为1983年数值.

（2）东部低平原区（东区） 位于黄淮海平原腹地，北接天津、北京，南靠黄河故道，东临渤海，西面与山前平原为邻，包括鲁西北和河北低平原的全部地区，共100个县（市）。

气候干燥，年平均降水在600毫米左右，≥0°C积温 4600～5000°C，地势平坦、洼陷，盐碱土广泛分布，是黄淮海平原旱涝碱最重的地区。该区基本上是二年三熟，主要作物有小麦、玉米、棉花，占耕地比例分别为48%、31%、17%，棉花占耕地的比例较其他三个区都高。1983年棉花总产量为2976万担，约占全区的3/5，亩耕地平均17.75公

斤，为四个区最高，麦棉单产比4.1，远小于黄淮海平原平均值5.5。1983年粮食净征购1.65亿公斤，只及黄淮平原区一个县的征购量，亩耕地净征购粮不足2.0公斤，粮食平均亩产185公斤，人均粮379公斤，都为四个最少。相比之下，该区棉花的优势愈加突出，同时，耕地资源比较丰富，农人平均占有耕地2.1亩，居黄淮海平原四区首位，对发展棉花生产极为有利。因此，东区种植业的发展方向要以棉花生产为中心。

根据种植类型，粮棉生产状况的差异，东区又分成鲁西、鲁北、冀南低平原、冀中低平原等四个亚区。各区自然条件情况和粮棉生产状况参见表9-7和表9-8。

表9-7 东部低平原区二级区自然条件

项目 \ 数值 \ 地区	鲁西	鲁北	冀南低平原	冀中低平原
年降水量（毫米）	700	600左右	550～600	600左右
≥0°C（积温°C）	5100	4800～5000	4800～5000	4700
盐碱状况	严重	较重	较重	较重
水文地质条件	较好	一般	差	差

表9-8 东部低平原二级区粮棉生产简况

作物 \ 数值 \ 地区		鲁西	鲁北	冀南低平原	冀中低平原
六种主要作物占耕地比例%*	小麦	53.1	44.7	47.1	52.9
	玉米	13.5	33.9	30.6	38.4
	水稻	8.5	0.7		1.0
	大豆	20.0	8.6	4.5	8.8
	薯类	11.0	5.2	5.3	4.0
	棉花	20.9	24.3	14.8	6.0
净征购粮（亿公斤）		1.45	3.10	1.35	1.90
亩耕地净征购粮(公斤)		10.5	9.5	6	13.5
农人平均占有粮（公斤）		388.5	422	338	3.9
农人平均耕地（亩）		1.7	2.1	2.5	2.2
粮食平均单产（公斤）		261.5	236	143	129.5
粮食单产平均增长率(%)*		12.3	15.1	10.5	7.9
增长率变差系数*		19	20	23	26
棉花总产量（万担）		588	1705	534	150
亩耕地棉花（公斤）		21	26.5	12.5	5
麦棉单产比值*		4.0	3.9	3.8	5.0

• 为1978～1983年6年资料平均值或计算值，其他为1983年数值。

①鲁西平原亚区。主要作物为小麦、棉花、大豆，占耕地比例分别为53%、21%和20%，1983年农人平均占有粮388.5公斤，粮食自给并略有剩余，净征购粮1.45亿公斤，

在东区中属较好的地区。1983年棉花总产量约590万担，亩耕地平均21公斤，超过东区平均水平（17.5公斤），仅次于鲁北。麦棉比为4，低于黄淮海全区平均5.5不少。从区内外比较看来，棉花生产是鲁西种植业的优势。

②鲁北平原亚区。主要作物为小麦、玉米、棉花，占耕地比例分别为45%、34%和24%，其中的棉花占地比例冠于黄淮海平原各区。1983年棉花总产量为1705万担，亩耕地平均26.35公斤，名列榜首。而1983年粮食净征量为－3.1亿公斤，亩耕地承担－9.5公斤，即为粮食调入区。麦棉单产比为3.9，显而易见，棉花是该区生产优势。鲁北人均耕地较多，平均2.1亩，高于黄淮海平原平均值1.8亩，1983年年粮食单产达到235公斤，单产增长率平均为15%（1978～1983年），因此，如果做好合理布局，在维持好棉花生产优势的情况下，适当协调粮、棉比例，棉区的粮食自给问题也就不难解决。

③冀南低平原亚区。主要作物为小麦、玉米，占耕地比例为47%和31%。棉花为15%，低于鲁西北地区不少，也低于东区的平均水平（17%）。1983年净征购粮1.35亿公斤，亩耕地提供6公斤，基本上只是自给；1983年棉花总产量534万担，亩耕地平均分配11.65公斤，低于东区平均值1/3（平均值为12.75公斤）。麦棉单产比值为3.8，数黄淮海平原最小，因此，从粮棉宏观效益来看，冀南低平原植棉比较合算。该区气候干旱，地表水和地下水缺乏，粮食作物用水严重不足，产量很低，1983年平均单产才143公斤，在黄淮海平原所有亚区中为倒数第二。而棉花是相对耐旱耐碱的作物，棉花产量虽然偏低，但也接近于平均水平。总之，冀南低平原适于发展棉花，但粮食生产也不能放松。

④冀中低平原亚区。作物以小麦和玉米为主体，占耕地比例为53%和38%，棉花仅为6%。1983年棉花总产量约150万担，亩耕地平均分配5公斤，仅为鲁西北的1/5，棉花产量低，麦棉单产比值为5.0此值比鲁西北的3.9高出不少，说明棉花在此地不太适宜。1983年粮食净征购2.9亿公斤，亩耕地平均提供13.5公斤，自给略有剩余。然而，该区粮食产量还很低，1983年单产才平均130公斤，为黄淮海平原倒数第一，单产平均增长率8%，而增长率变差系数却高达26，名列黄淮海平原各区之首。由于棉花在该区不太适宜，因此，需要在粮食生产上多花功夫，彻底地扭转粮食生产低而不稳的局面。

（3）太行山前平原区（西区）　地处太行山麓地带，由豫北、冀南山前平原和冀中山前平原组成，二省共66个县（市）。

本区在自然条件方面的特别之处是，地貌形态上为山前平原，地面坡降大，地表没有盐类聚积，排水通畅，洪涝轻微，水文地质条件优越，农业灌溉发展较好。年降水为550～660毫米，≥0°C积温为4700～5100°C，二年三作，主要作物有小麦、玉米、棉花，在作物构成上相似于东区，只是比例上偏重不同，小麦和玉米增多了，棉花减少，比例分别为55%，39%和15%。1983年净征购粮近25.5亿公斤，亩耕地平均提供62公斤，棉花总产量905万担，亩耕地平均分配11公斤，是一个粮棉产量都较多的农业生产区。但是，麦棉单产比值较高，为6.2，那么，收获一公斤棉花要损失较多的小麦，因此，从宏观经济效益上考虑，该区要适当压缩棉花的种植，向种棉效益较好的低平原地区集中，以便发挥地区优势、发展商品生产。

西区1983年农业人口占有粮455公斤，农人平均占有耕地1.6亩，为黄淮海平原四个区最少，粮食单产235公斤，在四个区中排首位，粮食单产平均增长率为4%，还不及南区的一半，由于该区人多地少，单产高，增长率低，粮食生产潜力不太大。

根据种植类型、商品状况及其他生产情况的差别，西区又划分了豫北、冀南山前平原、冀中山前平原等三个亚区。各区的自然条件和粮棉生产状况参见表9-9、9-10。

表9-9 太行山前平原二级区自然条件状况

数值 项目 \ 地区	豫北	冀南山前平原	冀中山前平原
年降水量（毫米）	600～660	550～600	550～600
≥°C积温（°C）	5100	4900	4700
盐碱状况	较重	无	无
水文地质条件	良好	较好	较好

表9-10 太行山前平原二级区粮棉生产简况

数值 作物 \ 地区		豫北	冀南山前平原	冀中山前平原
六种作物占耕地比例(%)	小麦	58.0	47.1	49.8
	玉米	38.1	30.6	43.0
	水稻	3.1	0.2	1.6
	大豆	9.7	4.5	3.4
	薯类	6.8	5.3	12.4
	棉花	11.3	14.8	9.2
粮食净征购（亿公斤）		10.85	13.40	1.00
亩耕地净征购粮（公斤）		65.5	73.5	17.5
粮食单产（公斤）		238.5	250	199
农人平均耕地（亩）		1.6	1.6	1.6
农人平均粮食（公斤）		446.5	490	383.5
粮食单产增长率（%）*		6.9	1.2	7.1
增长率变差系数*		14.2	15.3	16.7
棉花总产量（万担）		286	529	90
亩耕地棉花（公斤）		8.6	14.5	7.5
麦棉单产比值*		6.2	6.3	5.6

* 为1978～1983年六年平均值或计算值，其他为1983年数值。

①豫北平原亚区。主要作物为小麦和玉米，占耕地比例分别为58%和38%，棉花占比例为11.3%。1983年净征购粮10.85亿公斤，亩耕地平均净征购粮65.5公斤，高于本区平均值62公斤，也高于南区的平均水平。1983年棉花总产量286万担，亩耕地平均8.6公斤，低于西区平均值11.15公斤，麦棉单产比值为6.2，超过黄淮海平原平均值（5.5）不少，可发展粮食生产。

②冀南山前平原亚区。地势高亢，排水通畅，没有盐碱，水文地质条件也较好，可以发展井灌，弥补降水不足。因此，该地区农业生产发展得较好，水平也较高，1983年

净征购粮13.4亿公斤，亩耕地平均提供净征购粮73.5公斤，列西区中首位，在黄淮海平原中仅次于苏北，居第二位。粮食平均单产250公斤，人平均占有粮490公斤，在西区内独占鳌头，在黄淮海平原亚区内排第二名。1983年棉花提供529万担，亩耕地平均分配14.5公斤，超过冀南低平原地区。总的来看，冀南山前平原是个多粮多棉的地区，但是，该区的麦棉单产比值较高，数值为6.3，超出黄淮海平均值5.5，植棉宏观经济效益不太好，虽然棉花在该区也较适宜，从总体平衡来看，宜重点发展粮食生产。

该区开发较早，农业生产基础较高，但从1978年以来，粮食单产增长率仅1.2%，在黄淮海平原所有亚区中排列倒数第一，产量徘徊不前，因此，在今后的粮食生产中必须大力开展科学种田，以便继续提高单位面积的土地生产力，增加粮食产量。

③冀中山前平原亚区。主要作物为小麦、玉米，玉米比重较大，占耕地比例达43%，接近于小麦50%的比例，棉花仅占9.2%。1983年粮食净征购1亿公斤，亩耕地提供17公斤，棉花总产量90万担，亩耕地平均分配7.5公斤，麦棉单产比值5.6，居黄淮海平原平均值5.5之上。冀中山前平原由于位置偏北，温度条件欠佳，不太适宜于种植棉花，粮食虽然提供的数量还不多，但在河北省中还算比较好的，因此，今后需要进一步加强粮食生产。

本区人均耕地与冀南山前平原一样，为1.6亩，但在粮食生产上落后于冀南山前平原很多。1983年单产平均200公斤，比冀南山前平原少50公斤左右；亩耕地提供净征购粮17公斤，不及冀南73.5公斤的1/4；农人均粮385公斤，大约少于冀南100余公斤。因此，冀中山前平原今后要在提高单产上多下功夫，大力开展科学种田，赶超冀南山前平原。

（4）北部京津唐平原区（北区）　地处黄淮海北端，背靠燕山，行政区包括北京、天津、唐山三个地区。

在自然条件方面差别较大的就是盐碱土的分布。北京地区及唐山地区的北部地貌上为山前冲积平原，基本没有盐碱土分布。水文地质条件也较好。天津地区和唐山地区的滨海地段为海滨沉积平原，土壤母质中富含盐分，所以，耕地盐碱较重，且为原生性盐碱。

作物以小麦、玉米为主要作物，占耕地比例为36%和30%，水稻也有一定比例，为14%，其它作物较少。小麦的占地比例为黄淮海平原最低，比南部的豫南少25%左右，原因是温度偏低，种小麦已不太适宜。作物的分布由于区域面积小差别不大。小麦在北京地区偏多，在唐山地区偏少，仅为31%，玉米在唐山地区偏多，天津地区偏少；棉花仅在唐山个别县有一些分布。1983年粮食净征购粮唐山地区为2.95亿公斤，北京、天津地区不足0.5亿公斤；棉花在唐山地区生产61万担，北京、天津甚微。

京津唐地区拥有北京、天津、唐山三大城市，是城郊型农业区域，方向是为三大城市服务。这个特点也是它们分划为一个独立区的主要依据。

第三节　粮食生产布局与对策

黄淮海平原是我国最大的一块平原，是我国重要的农业区。盛产小麦、玉米、谷子、红薯、大豆、棉花、花生、芝麻和烟叶，1983年粮食产量为630亿公斤，占全国16.3%，

其中小麦占全国37%，大豆占33%，薯类占24%，玉米占21%，谷子占18%。

由于本区位于半干旱、半湿润地带，降水量不足，尤患不均，百分之七八十集中于夏季，且多以暴雨形式降落，旱、涝、盐、碱灾害频繁，加之极左思想的影响，在治理开发中存在一些缺点和失误，农业生产发展不够快，长期来粮食不能自给，影响农业和国民经济全面高速发展。为了保证市场供应，提高人民生活水平，30多年来国家进行了巨大努力，发展本区粮食生产，进行粮食余缺调济。1952年至1983年国家共调给京津冀鲁商品粮801.5亿公斤，占同期国家调给各省市自治区商品粮总量的42%。因此，解决好粮食生产和供应问题，始终是本区一项重要的经济和政治任务。

本区粮食能否自给，能否满足今后发展的需要，进而为国家提供区际商品粮，一直是人们共同关心而又有争议的问题。黄淮海平原的自然环境对农业生产虽存在一些限制，但总的来看，本区地理位置重要，运输方便，自然资源和条件优越，发展粮食生产有许多有利因素。30多年来，进行了大规模的改善农业生产条件的建设，提高了防洪排洪能力，大大扩大了灌溉面积，平整土地，改良盐碱，增施肥料，提高了地力，研究推广了一系列优良品种和先进栽培技术措施，从而增强了抗御自然灾害的能力，提高了土地生产力。生产条件、生态条件、经济条件都有较大的改善和提高，增产潜力还不小。只要政策对头，措施得当，各种农作物产量还可以继续有较大幅度的增长，不但可以满足本区日益增长的粮食需要，还有可能为国家提供一定的区际商品粮。

一、粮食生产的发展与成就

解放以来，特别是“六五”期间，本区粮食生产取得了巨大的成就，主要表现在以下几个方面。

1.粮食产量，主要是小麦、水稻细粮产量持续大幅度增加

粮食在播种面积逐年缩减的情况下，产量却有极大提高。1980年比1952年增产212亿公斤，增长93.8%。1983年比1980年增产192亿公斤，三年增长了43.8%。据95个县市统计，1985年比1983年粮食产量增加3.65%。“六五”期间，本区又增产粮食210多亿公斤，年递增率达8%以上。按粮食品种划分，增产的主要是小麦、水稻细粮。粮食面积虽逐年缩减，麦稻面积却稳步扩大，单位面积产量逐年迅速提高，总产量持续、稳定、大幅度上升。1980年与1952年相比：麦稻面积扩大5%，亩产由40多公斤提高到135公斤，总产量增加138亿公斤，增长了2.4倍；其他秋粮面积则缩减了三分之一还多，亩产由67.5公斤提高到154公斤提高了一倍多，总产量仅增长44%。“六五”期间，1983年与1980年相比：麦稻面积仍略有增加，单位面积产量又提高了81%，总产量增至273.5亿公斤，增产161亿公斤，增长82%；其他秋粮面积则又减少了4.5%，单位面积产量又提高了18.5%，总产量才增加31亿公斤，增长5%。据94个县市统计，1985年与1983年相比，麦稻面积扩大5.3%，单产提高3.4%，总产增加11.8%；其他秋粮面积持续下降，减少13.5%，单产提高2.7%，总产量下降了11.3%。

2.粮食质量和人均水平有了显著的改善和提高

由于小麦、水稻产量大幅度增加，人均粮食数量质量都有了提高。人均粮，1980年比1952年增加47公斤；1983年比1980年又增加87.5公斤，达到380公斤，赶上并超过了全国水平。另一方面，粮食质量有了显著提高。1952年人均麦稻仅63公斤，占人均粮食的25%；

1980年提高到135.5公斤，占人均粮食的47%；1983年人均麦稻达到215公斤，占人均粮食的57%。小麦、水稻大幅度增产，对改善人民生活减少调入和进口都起到了良好的作用。

3.由局部增产发展为全面增产

30多年来，黄淮海平原粮食生产地区间发展不平衡。十一届三中全会以前，徐淮、燕山太行山山前，豫东和豫北平原等条件较好的地区发展较快，粮食产量都翻了一番多，平均每年递增3%左右。这些地区增产的粮食将近占全区粮食增产总量的60%。三中全会以后，"六五"期间鲁西北、皖北、豫南等过去比较落后的地区，发展速度大大加快，赶上了先进地区。除燕山山前平原之外，整个平原地区平均每年都递增10%以上。徐淮、豫东、鲁西北、皖北、豫南粮食产量都增长了50%以上。这些地区增产的粮食将近占全区粮食增产总量的80%。过去主要是靠苏北和山前平原增产粮食，近来黄淮和鲁西北平原也成了增产粮食的主要地区（见表9-11）。

表9-11　黄淮海平原各区粮食增产状况

1980年比1952年				1983年比1980年			
地　区	占总增产量%	增产%	年递增率	地　区	占总增产量%	增产%	年递增率
徐淮平原	19.3	166	3.5	徐淮	19.1	58	16.4
燕山山前平原	14.5	136	3.1	鲁西北	17.3	52	15.0
太行山前平原	13.3	150	3.3	皖北	16.9	63	17.6
豫东平原	11.5	109	2.6	豫东	12.0	51	14.7
豫北平原	9.2	119	2.8	豫南	10.7	57	16.2
皖北平原	8.9	54	1.5	太行	7.9	33	10.0
鲁西北平原	8.4	37	1.1	豫北	6.9	38	11.3
豫南平原	8.3	89	2.3	黑龙港	6.5	37	11.0
黑龙港平原	6.4	64	1.7	燕山	2.7	10	3.2

4.调整了粮食结构，扩大了优质和高产粮食面积

由于灌溉面积、肥料用量和农机力量增加，为扩大以小麦为主的一年两熟面积提供了基础。复种指数的提高，又为粮经作物结构的调整创造了条件。棉花、花生、芝麻、瓜菜等经济作物得到发展，面积1980年比1952年扩大近1200万亩，1983年比1980年又扩大1200万亩，同时稳定了小麦面积，扩大了水稻、玉米面积。小麦面积30多年来基本稳定在1.3亿亩以上，占耕地的比重有所提高，1952年为43%，1983年为53%。水稻形成南北两个主要产区，北部燕山山前平原面积和产量都占全区的16%左右，占耕地的比重达8.9%；南部徐淮和皖北面积和产量都占全区的70%左右，占耕地的比重达15.7%。玉米面积，1952年比重为12%；1983年比重为41.2%，各个地区尤以黄河以北面积和比重都有增加。高粱、谷子、大豆、小杂粮的面积和比重则缩减较多。红薯面积则起伏较大。三中全会以来，谷子、大豆、和小杂粮面积虽有所恢复，但都远低于历史水平。

总的看来，粮食结构的格局基本趋于稳定。小麦面积基本稳定，随着灌溉条件的改善，水稻将有所发展；复播的秋粮则将随市场、畜牧业的需求和经济效益的大小而变化。

5.形成了一批商品粮集中产区

三中全会以后，一些地区向国家提供商品粮的数量激增。1983年有了重大突破，全区征购粮食163.5亿公斤，城乡销售162亿公斤，首次实现区内粮食购销平衡。黄淮平原余粮40亿公斤；豫北和太行山山前平原余粮8.5亿公斤；黑龙港地区基本平衡；燕山山前平原和鲁西北地区购销仍不平衡。

1983年全区能调出商品粮的县180个，占本区全部县市的63%，其中余粮0.5亿公斤以上的县59个，占全部县市的21%，共余粮54.5亿公斤，占全区余粮总量的70%。余粮县主要分布在黄淮平原，豫北和太行山山前平原次之。

本区粮食之所以能持续增长，主要是解放以来国家和群众投入了大量人力、物力和财力，进行了以水利为中心的农田基本建设，改善了生产条件，推行了一系列先进农业技术措施，促进了单产的提高。水利建设方面，重点治理了海、滦河和淮河。1950～1980年30年中，国家对本区的水利建设投资215.6亿元，占全国同期水利总投资的28.3%，是全国投资最多的地区，平均每亩灌溉面积101.4元。河北、河南统计，国家投资1元，群众也须投入2元。据此，1980年以前国家和群众对本区水利建设投资达646亿元，平均每亩耕地172元。灌溉面积1980年增至1.44亿亩，比1952年扩大了5.5倍，灌溉面积占耕地的比重由7%增至57.4%，占全国灌溉面积的比重由5%增至20%，80%的易涝面积得到了治理；63%的盐碱地得到了改良；农机、化肥、农用电力都有增加。三中全会以后，“六五”期间贯彻执行了一系列促进农业迅速发展的政策，既极大地调动了广大农民的生产积极性，也大大增加了农村经济收入，对农业的资金和物质投入激增。仅1981年～1983年增产的4070万担，棉花就比种粮食增收50亿元。农村经济收入增加，为四化建设提供了资金，增加了肥料、农药、电力和农机的投入。1983年亩施化肥（折纯）13.65公斤，比1980年增加75%；农用农机总动力增加了近三分之一；灌溉设施也充分发挥了效益。由于农民积极性的提高，使物质、技术条件都得以充分发挥作用。1952年本区平均粮食播面亩产58公斤，1980年达到143.5公斤，平均每年增加3公斤多，与全国粮食亩产增长速度基本相同，年递增3.3%。1983年粮食亩产达到213公斤，平均每年增加23公斤多，而全国平均不到15公斤，“六五”期间粮食单产年递增8%以上。单产迅速提高，促进了粮食高速发展。

二、粮食生产存在的主要问题

虽然本地区的粮食生产取得了很大的成绩，但也存在一些问题，妨碍着粮食生产的进一步发展。这些问题是：

1.长期普遍存在着重视小麦、水稻等生产，忽视杂粮生产的偏向

过去小麦、水稻短缺较多。1983年购销虽已平衡，仍缺少小麦、水稻16.5亿公斤，小麦、水稻价格又比较高。因此，一直都很重视发展。杂粮价格比较低，转化问题尚未得到解决，畜牧业发展没有跟上，根据统计，1980年至1983年除大畜牧外，猪、羊年末存栏数都年年连续减少，幅度还比较大。平均每百亩耕地才有大畜4.6头（其中牛2.3头），猪和羊各6.9头，大小畜合计才18.4头。本区畜产品消费水平不高，国家统计局抽样调查，1983年平均每人每月消费的肉、蛋、奶才0.75公斤。这种状况极不利于杂粮的转化和增值，致使部分地区杂粮缺乏销路，出现卖粮难的假象。耕作制度的改变，不少经济作物如花生、芝麻、葵花甚至棉花等都进行复播，它们的经济效益比粮食作物

高，各地都普遍压缩秋粮，扩种经济作物。94个县市统计，1985年仅花生就比1983年扩大了252万亩，增加了将近两倍。由于秋粮面积大量缩减，单产增长不快，秋粮产量增长速度远低于小麦、水稻。黄淮海地区1983年的秋粮产量比1952年产量仅增加了50%，“六五”期间，1983年比1980年仅增加了13%。94个县市统计，1984年，1985年还有所下降，这与小麦水稻的高速发展，形成了鲜明对照。

2.部分地区粮食生产积极性下降，生产出现徘徊

由于价格不合理，生产粮食的经济收益大大低于经济作物。衡水地区最近调查，亩产小麦453公斤获利78.55元，亩产玉米265.5公斤获利42.09元，而亩产71.5公斤棉花获利178.81元，比小麦高1.28倍，比玉米高2.25倍，比小麦、玉米合计也多48.2%。而近来柴油、电力、化肥，拖拉机等生产资料调价，有的只能买到议价生产资料，对土地特别是对复播秋粮的化肥、农药等物质投入和人力投入减少，管理粗放，甚至出现麦后弃耕的现象。缩减的棉田主要用于发展西瓜、花生、麻类等经济作物。据94个县市分析，出现秋粮连年下降，小麦产量徘徊的苗头，这种状况粮食产区较棉花产区更为明显。发展下去，对粮食生产和农牧业全面发展不利。

3.部分地区作物布局还不合理，粮食单产的提高还不平衡

黄河以北小麦面积比重过大，致使北京、太行山山前平原和黑龙港地区地下水严重超采，有竭泽而渔之险。浅层和深层地下水漏斗，由浅而深，由局部孤立而大面积连片，地下水位下降了十几米，对今后工农业生产、城市生活将会产生深远的影响，必须严肃对待。粮食单产的增长还不平衡，中、低产地区还不少，按播种面积计算，亩产150公斤以下的低产县，仍占全部县市的18.1%，亩产150～250公斤的中产县占48.2%，亩产250公斤以上的县才占三分之一强，低产田的面积大，影响产量更大增长。

4.旱、涝、洪、碱等灾害的威胁仍然很大

近几年气候条件比较有利，没有发生重大的旱、涝、洪灾。黄淮海平原根据降水量分析，50年代涝年较多，60～70年代旱年较多，80年代较为正常，1983年为较为少见的风调雨顺年。近几年对水利建设有所放松，不少地方还破坏了排涝、防洪设施，对水利设施只利用，不养护，不建设。自然灾害的威胁仍然很大，生产上存在着不稳定性。近年局部旱涝灾害时有发生，造成一定程度的危害。

三、发展粮食生产的条件与潜力

本区农业自然资源和社会经济条件对发展粮食生产有许多优越之处，潜力亦不小，突出的有以下几个方面。

1.特别适宜于冬小麦的生产

石家庄一带以南是我国小麦生态条件最适宜区。气候温暖，有利于小麦生长和安全越冬。小麦生长期间的有效积温2000～2200°C，比长江沿岸和东北麦区多25～27%。但个别低温年份仍有遭受冻害的可能；灌浆成熟期多高温干旱，常发生不同程度的干热风危害。小麦生育期间降水量不足，降水量由南向北逐渐减少，北部只能满足小麦正常需要量的三分之一左右；石家庄一线以南、黄河以北只能满足38.8%；黄河以南能满足一半；淮北平原平均降水800多毫米，加上地下水位较高，基本可以满足需要，旱作小麦一般可亩产200～250公斤。本区灌溉条件发展很快，绝大部分地区均可满足小麦对水

分的正常需要。小麦成熟后半个月内的降水量，多年平均为20～30毫米，比长江流域麦区少53%，比东北麦区少71%，有较充足的收获时间，发芽、霉烂的现象少得多，播前一个月的降水量则又较多，多年平均为66毫米，长江流域为56毫米，东北区仅18毫米。生育期间日照百分率和时数也较高有利于光合作用。黄淮平原在温度、降水和地下水资源方面更为优越；鲁西北能引黄灌溉，地下水也较丰富，都是今后进一步发展小麦生产潜力较大的地区。冬小麦高产、稳产，收获后还可复种其他作物，是本区最优势的粮食作物，面积占耕地的53%。部分地区比重较低，只要解决好水的问题，还有一定的发展潜力。

2.宜于多种粮食，一年两熟

本区≥0°C积温4100～5200°C，≥10°C积温3600～4700°C；年日照时数2400～2800小时，日照率60%左右；≥10°C期间日照时数比东北地区多13～37%，比长江沿岸多8～21%。热量丰富，光照充足。冬麦生育期中利用≥0°C积温2100°C，占全年≥0°C积温的40～50%。利用≥10°C的积温仅占30～40%。小麦成熟至播种间隔100～130天，时值夏季，高温多雨，≥10°C积温2500～3200°C，降雨量420～700毫米。≥10°C积温与东北地区生长季节基本相同，降水量与东北、长江沿岸也都相差不大。麦后可以复种套作和移栽各种旱、中熟玉米、谷子、大豆等粮食作物，以及花生、芝麻、葵花、棉花等多种经济作物。而复种粮食作物一般比较早熟，有利于冬麦播种。地区之间，黄淮平原水、热条件最为优越，可复种中熟品种的玉米、大豆、甘薯、芝麻、花生、早熟棉和麦茬稻，发展潜力很大。

目前全区复种指数为150.8%。只要措施得当，有可能进一步扩大复播面积，提高复种指数。商丘、荷泽地区和徐州市调查分析，根据水土资源的可能，还可扩大复播面积260～280万亩，复种指数提高8%左右。据此，全区复种指数如能提高到160%，即可扩大播种面积二千万亩，为稳定粮食面积提供条件。

3.有一定的灌溉条件

本区地表、地下水都比较丰富，地势平坦，有利于发展灌溉，一直是国家建设重点地区，河川径流和地下水的开发利用程度都比较高。但地区间不平衡，黄淮平原地下水目前开采程度仅30%，还有极大的潜力。在开发利用程度较高的地区，有灌溉次数过多，灌水量过大，浪费严重的现象，应认真改进。本区还有引用淮河、黄河和长江水的有利条件，在国家统一规划下，可以逐步开发，灌溉面积还可以有较大的增加。

4.耕地多，土地生产潜力大

本区虽人多地少，人均土地只有2.7亩，按农业人口平均每人也才有3.3亩，城镇、住宅、工矿、交通和水域还要占去不少面积，土地资源是不富裕的。但由于充分开发，耕地数量比东北，长江中下游平原多；人均耕地也高于全国平均水平。1983年人均耕地1.84亩，比全国平均多4%，只有18%的县人均耕地在2.5亩以上，其中还有不少荒地、洼地、沙滩、盐碱地，加以改造还可以扩大耕地。其次，目前还有不少地区因水、肥等条件不足，实行二年三熟甚至一年一熟。改善生产条件，培育早熟，抗逆、高产、优质的优良品种，还可扩大复种。全区复种指数如果提高1%，即可增加播种面积250万亩。此外，本区土地生产力还不是很高，低产田的面积也很大，需要大力改造。

5.交通发达，有利于农业专业化商品生产的发展

本区285个县市中，有127个位于铁路线上，占44%。绝大部分农村离铁路线近，1982年和1983年铁路沿线的市县缺粮占全区缺粮总量的80%以上，铁路沿线余粮县的余粮总数也占全区余粮量的三分之一左右。此外，本区公路纵横交错，所有乡镇都通公路。部分河道可以航运。海岸线长，且有众多的港口，便利于海运。交通发达，运输方便，流通量大，是全国最优越的地区。城市和城市人口多，需要的口粮、副食品也多，品种比较复杂，商品粮市场广阔，对发挥地区资源优势，促进农业专业化生产极为有利。

四、粮食的需求与发展前景

认清粮食发展形势，对能否自给，能提供什么商品粮的情况有一个比较正确的评价，对今后安排粮食生产有重要意义。这就需要对粮食的需求和生产进行综合分析。

1.对粮食的需求

根据中国农科院对粮食作物发展研究的测算，1990年我国每人每年需要粮食382.5～408公斤，其中口粮占62～62.4%；2000年414.5～437.5公斤，其中口粮占45.9～48.7%。1983年全国平均每人实际消费358.3公斤，本区379.4公斤，比全国多21公斤。按本区政治、经济、文化等方面所处地位，分析需求时，采取上述标准的上值比较适合。本区人口若能保持全国计划增长速度，1990年将达到1.8亿，2000年1.95亿。需要的粮食分别为742.5亿公斤和853亿公斤。据多年资料分析，本区自然灾害造成粮食产量波动的幅度，每年约20亿公斤。分析需求时，也须考虑进去，留有余地。这样，粮食需要量1990年为762.5亿公斤，2000年为874.5亿公斤，分别比1983年粮食产量多132.5亿公斤和243亿公斤，增加21%和39%。1983年～1990年平均每年增加19亿公斤，1983～2000年平均每年增加14.5亿公斤，都高于1982～1983年每年增产13亿公斤的速度。

小麦、水稻主要用于口粮，生产量不足时，随着人口的增加，增长较快；基本满足之后，随着食物结构的改变，增长将减慢。其他粮食主要用于饲料和工业用粮，随着生活的改善和工业发展，需要量将迅速增加。初步预测，1990年需要小麦水稻480亿公斤，其他粮食282.5亿公斤；2000年需要小麦水稻440亿公斤，其他粮食433亿公斤。

总的来看，本区粮食需要量将持续增加，增长的速度大于以往粮食增产的速度。但需要的粮食种类不同，近期稻麦需要量增长快，远期杂粮需要量增长快。

2.粮食发展的前景

粮食播种面积，以往缩减过多，今后应采取有效措施，防止滥占耕地，稳定粮食面积，进一步改善生产条件，扩大复播面积，适当控制经济作物的发展速度，采取鼓励支持粮食和牧业生产的各种措施，使粮食面积稳定在3亿亩左右。小麦面积保持目前的水平，有条件的地区扩大水稻种植，使小麦、水稻面积能稳定在1.5亿亩左右。在稳定粮食面积的基础上，集中力量主攻单产。

三中全会以来，各地都取得了大面积、大幅度提高粮食单位面积产量的经验，高产县、高产片、高产地块的典型很多，根据典型经验和以往各个阶段单产增长的规律，1990年粮食单产有可能达到250～275公斤，2000年达到300～325公斤，1990年可能生产粮食750～825亿公斤，2000年达到900～975亿公斤。根据土地报酬递减规律，小麦水稻单产增长速度略低于粮食增长速度，1990年达到275～300公斤；2000年达到315～340公斤。面积保持在1.5亿亩左右，则总产将分别达到415～450亿公斤和475～500亿公斤。

达到上述要求，根据产需平衡，1990年本区粮食生产搞好了，可余粮50亿公斤左右，搞不好，还将满足不了需要，麦稻将短缺30～67.5亿公斤。2000年实现上述设想则粮食和麦稻产量都能满足需要，可能余粮25～100亿公斤，其中余小麦30～70亿公斤。

通过对生产条件和生产潜力的综合分析，本区粮食生产的自然条件，增产潜力的地域差异很大。总体上看，南部黄淮平原光、温、水条件都比较好，盐碱较轻，可一年二熟，小麦生长期间降水比中部、北部都多，能基本上满足小麦生产需要，旱作小麦可亩产100～150公斤，低洼和沿河地区又宜于发展水稻，对粮食生产十分有利。棉花则因夏秋雨水多，湿度大，不如中部有利。近年来粮食单产增长快，而且比较稳定，单产在220公斤左右，低于燕山和太行山山前平原，潜力很大。麦棉单产比值为6：2，比中部低平原高很多，种粮比种棉生产效益要好得多。本区北部平原则因温度较低，宜于粮食而不利于棉花生长，麦棉单产比值为6.7，种粮的生产效益更高一些。因此南北为本区的宜粮区。中部地区光、热条件虽宜于小麦生长，但降水不足，旱作小麦产量很低，并常有失收，要灌溉才能丰产。但光照充足，气候干燥，昼夜温差大，夏雨多有利于棉花和秋粮等比较耐旱作物的生长。中部地区的太行山山前平原水资源比较丰富，具有灌溉条件，能充分满足小麦的水分需要。粮食作物基本上是小麦、玉米一年两熟，为粮棉适宜区，麦棉单产比值与黄淮海平原一样为6.2，种粮生产效益要高。黑龙港、鲁西北低平原因降水量少，地表地下水缺乏，盐碱严重，相对而言，对棉花有利。麦棉单产比值为4.1，植棉的生产效益比种粮好得多，为宜棉区。黄淮和太行山山前平原为粮食主要产区，1983年提供的净征购粮分别占全区净征购粮总量的65％和25％，两区共占90％。

因此，应继续发挥黄淮平原以小麦、水稻为主的粮食生产优势，特别是要发展优质小麦。建成本区主要商品粮畜基地，黄淮平原还是夏大豆集中产区，大豆蛋白质含量高，应充分发挥其大豆生产优势。

太行山山前平原以小麦、玉米一年两熟为主，集中发展小麦、玉米以形成粮畜集中产区。

黑龙港、鲁西北平原宜于棉花生产，黑龙港水资源奇缺，降水量少，地表地下水缺乏，目前又无法大量调剂解决。不能过量开采地下水，使地下水位迅速下降，在查清水资源后，要以水定麦，恢复地下水平衡。应多发展棉花、谷子、葵花等能利用夏雨的耐旱耐盐碱作物，扩大小麦和复播粮食生产，在保持棉花优势的情况下，增产粮食，保证粮食自给有余。

在粮食作物种类上，小麦虽是优势作物，是生态条件最适宜区，但水资源不足，应保持稳定，黄河以北缺水地区适当减少一些，黄淮平原可稍增加。水稻在黄淮和燕山山前平原低洼和沿河地带适当发展。其他杂粮则可根据市场需求和畜牧业发展需要，以及自然条件的特点，合理安排。

五、商品粮基地建设

商品性生产是社会生产力发展到一定水平的产物，是现代化农业的必然趋势。在条件比较优越的地区建立一定数量商品粮生产基地，对于我国这样具有十亿人口的发展中国家来说，有着十分重大的战略意义。

本区粮食需求仍将持续大量增加，粮食发展任务还是很重的。为了充分利用农业自

然资源和发挥投资的经济效益，进一步集中布局，选建一些以粮食为主的农业商品生产基地，是很有必要的。

建设商品粮基地，不仅能充分合理利用区内优越丰富的自然资源和劳力资源，还可提高国家经济力量，可以加强领导，重点扶持，提高农民生产商品粮的积极性，加速粮食的发展。在提高粮食生产的同时，还能带动牧副渔全面发展，此外还可以为其他地区发展粮食生产树立榜样，促进粮食全面增产。“六五”期间，黄淮平原已建立了部分商品粮生产基地，对本区粮食生产发展起到了一定的作用。根据前面的分析，本区有许多有利条件适于发展粮食生产，不少地区宜于建立以粮食为主的农业商品生产基地。

1.基地选建依据和布局原则

基地选建主要依据发展粮食生产的自然条件和资源优势，社会经济条件和生产基础三个方面。在布局上，既要集中又要照顾全局，重点应是粮食优势的余粮区，在缺粮区选择条件优越的地区合理布局，与分散结合，以便就近满足或部分满足各区对粮食的需要；同时也需按国内外市场需要进行布局，既需要满足国内消费，也需选择名特优稀产品，扩大国外市场。

2.商品粮基地县的选建指标和方案

根据选建依据和布局原则，为了便于比较，采取了五项指标，即人均耕地、人均粮、单产水平、单产增长率和稳定度。这五个指标彼此相互补充，相辅相成，它们基本上可以反映生产现状和增产潜力。

①人均耕地：人均耕地多少反映该区耕地资源丰缺程度和增产潜力大小。人均地多，提高单产，人均粮水平和商品率提高较快，增产潜力相对地更大一些。为消除复种差异，采用人均播面作指标，以增强耕地空间上的可比性。

②人均粮：人均粮高低直接影响商品量的多少，人均粮多，增产的产品能更多地转化为商品。商品增产潜力就更大。

③单产水平：单产水平关系增产潜力的大小，单产偏低，增产的可能性较大。目前单产水平已较高的地区，增产数量和幅度的提高就不那么容易。

④增长率：反映各县多年来增产速度变化情况，可以表示生产的增产能力和发展速度的快慢。与稳定度结合，还可反映障碍因素改造的难易程度。以平均增长率为指标。

⑤稳定度：表示各地生产的稳定程度，因为商品基地县除有一定潜力之外，还要能较稳定地提供商品粮，满足国内市场的需要。

将黄淮海平原285个县、市的各项指标采用了1978～1983年六年平均数值输入电子计算机，进行综合分析排队，同时，还结合常规方法进行选优排队，将两种方法进行比较，取长补短，最后提出可供选择的两种布局方案。第一方案为56个县，第二个方案为72个县。第二个方案是第一个方案增加16个县而成的。第一方案是以解决本区粮食自给为目标的；第二方案是准备向区外提供一定数量的商品粮。由于本区粮食消费增长迅速，1990年需要粮762.5亿公斤，而粮食产量若以1.8%递增率增长，到1990年全区粮食总产量才714亿公斤，缺48.5亿公斤。第一方案就是为了补充这个短缺而设立的。

3.基地布局

（1）黄淮平原共35个基地县，占60%，是商品粮主产区。

①徐淮地区以东海、涟水、泗洪、铜山、邳县、沭县、淮安、睢宁、新沂、宿迁、干榆、灌云12个县为主的稻、麦生产基地。

②皖北地区以固镇、怀远、五河、灵壁、蒙城、宿县、睢溪、泗县、凤台、涡阳10个县为主的麦、豆生产基地。

③豫东南以太康、正阳、鄢陵、尉氏、汝南、息县、西平、西华、临颍、扶沟、商水、淮阳、郸城13个县为主的优质小麦、油料生产基地。

（2）在山前平原地区，选建15个基地县，为本区第二个商品粮主产区。

①以滦城、赵县、定县、藁城、束鹿、宁晋、永年7个县为主的小麦、玉米生产基地。

②以浚县、临章、安阳、濮阳、滑县5个县为主的小麦、玉米、薯类生产基地，主要是提供商品小麦。

③以玉田、乐亭、丰润3个县为主的麦稻、玉米生产基地。

在鲁西北选建6个县，为提高自给率的生产基地。它们是以鱼台、金乡、平原、陵县、昌邑、商河6个县为主的棉粮生产基地。除棉花外，以小麦为主。—

上述三区共选建56个县为第一方案。在此基础上再外加16个县为第二方案，即在徐淮区增加沛县、响水、丰县、泗阳、滨海；在皖北增加萧县、利辛、亳县、太和；在豫东南增加杞县、商丘、睢县、于城、永城、夏邑、鹿邑共72个县。

4.建设商品粮基地的效果

选建后，基地县的生产条件得到改善，生产能力不断提高。粮食产量递增率预计可达4.3%，比不进行选建基地的平均递增率1.8%高2.5%，这样，到1990年方案1和方案2可分别增产粮食79亿公斤和99亿公斤，比1.8%的增产量多49亿公斤和61.5亿公斤。这两个增产量就是两种基地选建方案预期可达到的效果。

解决粮食自给能力。不断满足消费结构改变的需要，同时还可以根据国家对本区的要求，提供不同数量的商品粮。国家开发粮食生产潜力，特别是小麦，应当把注意力集中在黄淮海地区。

六、粮食发展对策与措施

黄淮海平原的粮食生产任务是较重的，增产潜力也不小，前景是光明的，但问题和困难也不少。须采取正确的政策和有效措施，进一步调动广大群众的积极性，改善条件，增加投入，才能确保粮食生产全面稳定增长。

1.统一认识，加强领导

要使各级领导和广大农民认识发展粮食的重要意义，要有全局观点，在抓好经济作物的同时，决不放松粮食生产。防止盲目扩大经济作物，保持粮食面积的相对稳定，集中力量主攻单产和品质。

必须高瞻远瞩，在继续抓好小麦等细粮生产的同时，重视杂粮的发展和转化。这是社会发展的需要，也是粮食生产发展的需要。必须及早投入必要的人力、物力和财力，研究解决杂粮生产中存在的问题，摸索研究出一套杂粮高产、稳产、低成本的技术措施和综合利用的方法，如玉米籽粒的深加工和玉米青贮，为今后发展杂粮生产，满足远期日益增长的需要创造条件。

2.提高粮食的经济效益，增强农民生产粮食的积极性

粮价不合理，转化问题没有很好解决，以及近来生产资料调价，影响了农民生产粮食的积极性。因当前，经济杠杆对农产品的增减有决定性的影响，必须有计划地逐步调整各种农产品的价格，使之趋于合理，才能使各种农作物根据需要协调发展。要搞好粮食的转化增值。发展畜牧业，开展综合利用，进行深加工，都是粮食增值的有效途径。近年美国在玉米综合利用方面有飞跃发展，市场上含有玉米及其衍生物的商品，由1962年的200种，增至1981年的1160种。还研制成功高果糖玉米糖浆，在食品工业中已成为蔗糖的主要代用品，它自从1967年制成使用以来，到1981年，平均每人每年用量由0.05公斤增至11.5公斤，大大提高了玉米的利用价值和经济价值。

对生产资料的价格应严格控制，取缔非法的提价和变相提价，对一些必须提价的生产资料，应采取措施由国家、工厂、农民合理分担，并争取工厂内部消化，以保护农民的生产积极性。

3.加强农区牧业的发展

本区种植制度主要是一季小麦和加一季夏播粮食或经济作物的一年两熟制。小麦是主要食粮，一般都重视发展，复播杂粮在满足口粮需要外，主要用于工业、食品加工业和发展畜牧业。许昌地区分析比较，平原农区发展生产、致富的途径和突破口，以选择发展畜牧业这个突破口为好。它投资少、见效快、收入大，并能为发展农村工业积累资金、提供原料、开拓市场，促进种植业和粮食的持续发展。而本区以往对平原农区畜牧业很少深入综合研究，对牧业的发展有较大的影响。

4.管好现有水利设施，继续搞好水利建设

目前对水利设施只用不养，甚至进行破坏的情况，必须坚决制止，认真管好、用好现有设施。在水资源丰富的地区，可兴建以抗旱排涝为中心的农田基本建设，进一步改善灌溉用水，节约用水，扩大灌溉面积，提高防洪排涝能力。同时要加速南水北调的论证开发，较为彻底地改变缺水问题，为稳产、高产提供可靠的基础。

5.选择一些条件优越的粮食集中产区，建立以粮为主的商品生产基地

建设基地有利于加强领导，集中使用资金，加速生产条件的改造，可以保证粮食增长和商品粮的增加，应该继续抓好。粮食基地也应以粮为主全面发展。

6.加强智力投资，提高科学种田水平

要大幅度持续提高农作物单产，必须加强农业技术的改造和新技术的推广，把潜在的生产力变为现实生产力。要抓好良种繁育推广，实现大田良种化；加强植物保护工作；合理施肥；推广新技术等等，不断提高科学种田水平。因此也须重视加快推广体系的建设，搞好农技培训和普及工作。

第四节　棉花生产的布局与对策

棉花是我国最重要的经济作物之一。我国宜棉区域可划分为五大棉区：黄河流域棉区、长江流域棉区、西北内陆棉区、北部特早熟棉区和华南棉区。黄河流域棉区，植棉历史悠久，是我国最大的产棉区，尤其是黄淮海平原的棉花生产，在我国棉花生产中占有重要地位。1983年黄淮海平原地区棉花种植面积为4349万亩，占全国棉田的47.71%，

皮棉产量为5021.7万担，占全国棉花总产量的54.3%；1984年本地区棉花生产继续发展，种植面积达到5200万亩以上，总产量超过了6300万担。黄淮海平原棉区已成为我国最重要的棉花生产地区。

过去，黄淮海平原旱、涝、风、砂灾害频繁，盐碱危害严重，是我国农业生产的落后地区之一，人民生活比较贫困。经过建国30多年来的改造和建设，尤其是三中全会以来，生产责任制的落实和完善，本地区的农业生产已经发生了巨大的变化，人民生活得到了普遍的提高。过去一直是十年九灾的低产地区，现在已经有相当大的一部分地区变成了中高产地区。

在这一节里，我们试图通过首先分析棉花生产布局的历史演变和现状，然后在此基础上探讨其合理地域分布和发展规模的问题。

一、棉花生产发展及其地域分布

合理布局棉花生产，是社会经济发展的必然趋势。为了加速一个区域的棉花生产布局的合理化，必须首先了解其历史与现状。只有全面地掌握了发展棉花生产的基础和潜力之后，才能根据棉花生产合理布局的原则，对其未来的格式提出正确的建议。

黄淮海平原植棉已有300～400年历史。到本世纪30年代中期，成为当时我国最大的棉花集中产区。解放初期，本地区棉田面积和棉花产量还占全国的大约60%左右，单产也较其他棉区高；直到50年代中期，仍居全国各棉区的领先地位。但以后20多年，棉花生产速度缓慢，相对落后于其他棉区。进入80年代以来，由于各方面的条件都比较有利，又得到了迅速的发展，并且很快就超过了其他棉区，恢复了其原来的领先地位。

由于棉花的生产与棉农的切身利益紧密地联系了起来，棉花生产发展迅速。1980年棉花的种植面积为2567.62万亩，比1978年的2495.18万亩增长了2.90%。虽然面积增长不大，但由于单产的提高，总产量增长了156.36%，1980年总产量达到2072.71万担，而1978年仅有808.5万担。

1980年黄淮海平原地区的棉花种植面积为2567.62万亩，总产量为2072.71万担。1983年，棉花面积已经发展到4346.61万亩，比1980年增加了1781.99万亩，每年递增23.13%，超过了以往任何一个时期的速度。由于面积的增加，以及单产的提高，总产量亦呈现直线上升，1983年棉花总产达到5109.47万担，比1980年增加了3036.76万担，每年递增48.84%，1984年棉花生产进一步扩大，面积增加到5200万亩以上，总产量达到6300万担左右。例如黑龙港地区的南宫县，1983年棉花种植面积为32.05万亩，占耕地面积的大约30%，1984年占耕地面积的40%，扩大了将近四分之一，加上单产的提高，1984年棉花总产量为1983年的1.42倍，达到68.4万担。

1983年棉花的地域分布已经发生了很大的变化。在布局上，形成了四个等级。第一个等级是鲁北和鲁西，各县的种植面积均在40万亩以上，有14个县超过了50万亩。第二个等级是豫东、皖北北部、徐淮北部和黑龙港地区，各县的棉花种植面积在20～30万亩之间。第三个等级是淮河沿岸、豫南、豫北北部和太行山山前平原。各县的棉花种植面积在10～20万亩之间。第四个等级是黄淮海平原北部地区，即京津唐和渤海沿岸地区。由于大城市的吸引以及植棉条件的相对不太有利，这些地区的棉花种植数量不多，各县的面积在5万亩以下，只有少数几个县约在5～10万亩之间，如丰南、安次等。

上面的分析指出，本地区的棉花种植面积地域分布呈开口向东的半月形阶梯状，等级由东向西递减。在形状上，这个格式与研究地区的轮廓很相似；在等级上，与本地区的地形很拟合。这是一个有趣的现象。

二、关于棉花生产的适当集中

在了解棉花生产发展和布局演变规律的基础上，根据棉花生产合理布局的原则，确定一个地区的棉花生产布局图式，是棉花生产布局研究的最终目的。

棉花的生产布局，包含着两个方面的内容，一是其数量关系，另一是其空间位置关系。由于本地区是一个非常重要的棉花集中产区，且粮食又是区域生产专门化形成的基础，所以棉花生产布局中的数量关系集中表现在粮棉关系上。它的空间位置关系主要是指各个地区棉花生产的数量问题。

因地制宜，适当集中，是经济作物，也是棉花生产实行区域化、专门化生产的重要原则。在实际工作中，经常会遇到这样一个问题：棉花生产集中到什么程度才算较为合理？因地制宜发展棉花生产，不仅要考虑自然条件的适宜性，而且还要考虑到粮食生产基础、棉花生产基础、国民经济发展需要、加工业等社会、经济、政治因素。

在所有用来衡量棉花生产集中程度的指标中，棉花种植面积占耕地面积的比重最为重要。因为它既反映棉花生产在农业生产中的重要性，也反映棉花生产与其他作物生产的关系。因此，关于棉花生产的适当集中问题，归根到底，归结为棉田面积占耕地面积的比重应为多少，才算比较合理。我们认为，关于这一点，应该区别对待。

根据棉花的生理特点，以及为了取得稳产高产的经济效果，在同一块土地上不宜连续种植棉花，它应该有一个合理的轮作制度。根据研究，棉花轮作的期限应以2～3年为宜。这就意味着，棉花种植面积应不宜超过耕地面积的三分之一或二分之一，即棉田的比重的上限应该在33.3～50%之间。

一般来说，考虑到粮棉间作的部分，所以棉田占耕地的比重以40%作为上限。这样，一方面有利于发展粮食生产，解决粮食与棉花争地争肥的问题；另一方面，有利于发展其他作物生产，满足人民生活提出的丰富多样的要求，同时，使农业生产地域景观不致于太单调，农业生态结构不致于太简单，以致其稳定性太差。

在棉花集中产区，棉田占耕地面积的比重应该比一般地区大一些。一般认为，40%是棉田比重的上限，30～35%是最优区间。倘若用三分之一的耕地来种植棉花，则还有65%的耕地可用于发展其他生产。在其他生产中，粮食是一个重要的项目。按每人每年需要粮食300公斤计算，则在目前的生产水平下，约需要耕地0.7～0.8亩。黄淮海平原地区大多数县每人平均拥有耕地在1.5～2.0亩之间，所以除掉棉花种植面积和粮食耕地之外，还剩下0.3～0.4亩的耕地面积可以用于其他生产，如油菜、蔬菜等。所以，即使是在棉花生产最集中的地区，棉田面积也应控制在三分之一左右为宜。对于黄淮海平原来说，这些地区主要是指黑龙港、鲁北和鲁西地区。

在上面曾经指出，本地区的棉花集中程度可以分为三个类型：第一个类型是最集中地区，包括黑龙港、鲁北和鲁西地区；第二个类型是分散地区，包括山前平原、豫东地区和豫北地区；第三个类型是最分散地区，包括徐淮地区、皖北平原、豫南地区和京津唐地区。

在棉花分散地区，考虑到棉花生产的基础以及它们在劳动地域分工中的作用，这些地区的棉花生产不宜过多，占耕地的比重应控制在20%以下为宜。一般认为，最优的比例是在10～15%之间。例如，太行山山前平原是河北省的重要商品粮基地，豫东地区是河南省的一大粮仓，它们在劳动地域分工中都肩负着供给其他地区粮食的重大任务，而豫北地区则是河南省城市化程度较高的地区，分布着我国重要的矿、工业城市，况且这一地区开发历史悠久，人口密集，人均耕地较少。因此，尽管其棉花生产基础较好，但其比重仍不宜太高。

另一类型是最分散的地区，包括南部的徐淮地区、皖北平原和豫南地区，以及北部的京津唐和渤海沿岸地区。这些地区棉花生产基础较差，仅仅是近几年来才逐步种植棉花的，且生态适宜性相对较中部地区差。所以，其棉田比重也不宜太大，一般认为，以不要超过10%为好，以5%左右为适宜。

皖北、徐淮地区都是我国重要的商品粮基地，肩负着华东地区的粮食供给任务，所以其棉花生产应不要强调得过多。京津唐地区位于北京、天津和唐山等大城市周围，城市化程度较高，它们的生产方向应与其他地区不同，主要是为这些城市提供服务，比如粮食和畜产品的生产。

三、棉花生产布局与地区分布

农业生产布局的内容，不仅包括数量的确定，而且亦包括地点的落实。只有把数量及其相应的空间位置展示出来，才能形成一个清晰明了的布局格式，才能对地区的具体生产发展有较大的指导作用。

为了考察和安排整个地区的棉花生产布局和地区分布，把整个研究区域分成十大片，这十大片也即是通常所说的徐淮地区、皖北平原、豫东地区、豫南地区、豫北地区、鲁西地区、鲁北地区、黑龙港地区、山前平原地区和京津唐地区。对于这些地区的划分，考虑了地理基础、生产状况和行政区域的完整性，以及农业生产部门的习惯称呼。

黄淮海平原地区1983年棉花种植面积为4349.11万亩，占总耕地面积的13.65%。从地域分布上看，数量最多的是鲁北和鲁西地区，绝大多数县的棉花种植面积在30万亩以上，其次是豫东和黑龙港地区，大部分县棉花种植面积在20万亩以上。由于土地面积较大，以及人口较稀少，所以尽管豫东的棉花比重不大，但是其绝对数量还是相当多的。其他地区各县的棉花种植面积均在10万亩以下。豫南和京津唐地区最少，大多数县在5万亩以下。

在地区分布上，除了因地制宜，适当集中之外，还应考虑植棉基础、宏观经济效益等因素。根据棉花生产布局的原则以及本地区各地的具体情况，黄淮海平原地区的棉花生产重点应放在鲁北、鲁西和黑龙港三个地区。1983年这三个地区的棉花种植总面积为2431.55万亩，占整个黄淮海平原的一半以上，为55.91%。根据新形势下的布局原则，这三个地区的棉花种植面积应该保持在1980～2225万亩之间为宜，占整个平原地区的55～58%。

其次是豫北、豫东和太行山山前平原，1983年这三个地区共有棉田面积1171.84万亩，占整个平原地区的26.94%。这三个地区各县的棉田面积均占耕地面积的15%以上。通过我们的分析，这三个地区的棉花种植面积应保持在810～1210万亩之间，占整个平原地区

的23～28%之间，棉田集中程度大约在10～15%之间。最后是皖北、徐淮、京津唐和豫南地区，它们构成了黄淮海平原地区的第三级棉区。1983年这些地区共有棉田面积745.72万亩，占整个平原地区的17.15%。由于这些地区是棉花生产比较分散的地区，种植棉花的适宜性亦较差，所以其棉田面积应该保持在590～750万亩之间为宜，占整个平原地区的17%左右，棉花集中程度约为5%。由于各个地区的棉田数量及其商品量，见表9-12。

表9-12　黄淮海平原地区棉花生产布局模式

地区		1983年情况					未来的布局模式				
		棉花面积（万亩）	占耕地百分比（%）	单产水平（公斤／亩）	总生产量（万担）	耕地面积（万亩）	棉花面积（万亩）	占耕地百分比（%）	单产水平（公斤／亩）	总生产量（万担）	商品棉量（万担）
第一级棉区	鲁北	1287.22	39.81	63.15	1625.83	3233.44	970～1130	30～35	70	1358～1582	1320～1550
	鲁西	545.5	38.63	53.90	587.81	1412.13	420～490	30～35	60	504～588	490～570
	黑龙港	598.83	17.61	50.80	608.15	3401.44	590～600	17～18	60	708～720	670～690
第二级棉花	豫东	471.97	18.00	58.35	551.02	2622.05	260～390	10～15	65	338～507	300～470
	豫北	260.6	15.32	53.70	279.86	1700.97	170～250	10～15	60	204～300	180～280
	山前	439.27	19.97	69.85	713.74	3839.52	220～330	10～15	75	330～495	300～460
第三级棉区	皖北	212.5	6.47	47.20	200.64	3286.90	160～200	5～6	55	176～220	140～190
	徐淮	242.22	3.07	57.60	279.09	7877.19	200～240	2～3	65	260～315	200～250
	京津唐	157.83	6.27	62.60	197.58	2518.04	120～150	5～6	70	168～210	140～190
	豫南	133.17	6.73	36.80	98.05	1979.87	100～130	5～6	45	90～117	70～90
整个黄淮海平原		4349.11	13.65	55.40	5041.77	31871.55	3210～3910	10～13	60～65	4136～5060	3810～4740

之所以这样布局，是综合考虑了各个地区的条件和具体情况。鲁北和鲁西地区植棉基础较好，目前棉田面积最集中，生态适应性较强。从种植条件的角度来看，山前平原比黑龙港地区植棉条件好，但是山前平原的选择机会比黑龙港地区多。黑龙港地区条件较差，除棉花之外，其他作物均不太适宜。如果把黑龙港地区安排种植棉花，而把山前平原安排粮食等生产，则从宏观经济效益方面来看，是比较可取的。如果用小麦与棉花的单产之比来衡量其相对经济可行性，据测定，黑龙港的麦棉单产之比值为3.8～5.0，而山前平原则在5.5～6.5之间。另外，山前平原肩负着河北省商品粮供给的重要任务，皖北和徐淮地区是我国重要的商品粮生产基地。京津唐地区靠近大城市，其农业生产的发展方向应以服务大城市人民生活需要为主，所以棉花生产不宜发展过多，况且其适宜性亦较其他地区差。豫北平原在50年代棉花种植较多，但后来随着城市化和人口的增长，棉花生产的重要性才相对降低，这一地区的城市化程度较高，属于人多地少的地区。豫东地区和豫南地区都是省内重要的粮食生产基地。

但是，值得注意的是，在各个地区内部，棉花的生产也不是均匀地分布的，应有重点地把棉花安排在那些生产基础较好的地区和县里发展。如黑龙港地区，应该把重点放

在南部地区的南宫、威县、枣强、故城等县；皖北应把重点放在砀山、萧县等，徐淮地区的重点是西北部的丰县、沛县、铜山和睢宁；豫东地区的重点是商丘地区和扶沟、太康等县；山前平原的重点是南部的邯郸、成安等县。在重点发展地区内，棉田的集中程度应较其他非重点地区略大一点，但以不超过5～6%为宜。

通过调整之后，本地区的棉花生产规模保持在3210～3910万亩之间；在单产比1983年提高8～13%即增加到60～65公斤／亩的情况下，棉花总产量可以达到4240～5480万担，基本上保持原有的生产水平。因为1983年是一个比较合理的年份，其生产的数量与消费的规模基本上平衡。如果扣除自留棉之外，整个地区可以提供商品棉3800～4800万担，约占全国需求量的一半左右。

四、商品棉基地的选建

自1980年以来，本地区的棉花生产得到了重大的发展。1985年棉花生产实行了定量收购政策，压缩了很大的棉田面积。由于在棉花吐絮的9月中下旬本地区遇上较长时期的阴天小雨，所以各地区的棉花生产普遍大幅度减产，出现了较为强烈的生产波动现象，当年的生产量略少于工业等的需求量。

在这样一种形势下，根据因地制宜、适当集中的原则，选择一些生产条件和生产基础比较好的棉花生产县作为本地区棉花生产的重点，以保证工业生产发展对农业生产提出的要求，是很有必要的。这种重点发展县，也就是通常所说的商品棉基地县。

但是，我们不赞成选择基地县，就是要进行无偿投资。基地县是种植面积较大、能够比较稳定地提供大量棉花产品的植棉县。因此，基地县的选择，并不一定要进行无偿投资。我们可以通过一定的政策，在布局、收购上，在品种、技术上给予较优的待遇，促使棉区棉农的植棉积极性，来发展棉花生产，保证棉花产品的供给。在当前，选建优质棉基地县，更加显得重要。

在选择基地县时，必须考虑下列几个方面的标准：（1）生产条件较好；（2）生产基础较好；（3）粮食基础较好；（4）耕地面积较多。在具体指标方面，

X_1：棉田面积，万亩；

X_2：棉花单产，公斤／亩；

X_3：人均占有耕地，亩／人；

X_4：人均占有粮食，公斤／人；

X_5：有效灌溉面积占总耕地百分数；

X_6：位置；这是一个亚变量，用二元分类确定。

由于本地区的棉花生产布局格式把重点放在黑龙港、鲁西、鲁北地区，所以，若在上述三个地区内，则$X_6=1$，否则$X_6=0$。对于其他地区的一些以棉花为主的植棉大县，如太康、丰县，我们亦确定$X_6=1$。

对于绝对数指标X_1，需通过灰色系统处理，因为并不是其数值越大越有利于商品棉基地县的选择，也即商品棉基地县并不是棉田面积越大越好。对于X_1，若其占耕地面积的35%以上，则我们令$X_1=1$，否则用下式来交换：

$$X_1'=X_1/0.35Q$$

其中Q是耕地面积。之所以用35%作为界限，是因为35%是棉田的最适宜集中程度。

通过变换之后，X_1'的值在0和1之间变动。

本来还应该考虑棉花生产量和棉田集中程度，但由于X_1和X_2已经决定了棉花总产量，X_1和Q即棉田面积和耕地面积已经决定了棉田集中程度，所以在分析中把它们省略了，但是，由于考虑了X_1、X_2和Q，它们的信息仍然得到了分析。

根据上述指标，分析了本地区植棉面积较大的80个县，对它们的生产条件和生产基础进行对比分析，得到的结果如表9-13所示。对比分析是一个多因素的统计分析，它以空间距离作为基础。

如果把每个变量视作空间坐标系的轴，则在每个变量上都有对应值的植棉县，它们在空间坐标系中必定有相应的位置，且它们在各个变量上的值越大，其离坐标原点的距离越远。所以，可以按照这个原理，用各个点离坐标原点的距离来作为综合指标值。根据综合指标值的大小，我们便可以选择商品棉基地县。

可以用来计算距离的方法很多，如斜交空间距离，欧几里得距离，弦距离等。在这里，使用的是欧氏距离，它的计算公式是

$$D_i=\sqrt{\sum_{j=1}^{m}W_j(Z_{ij}-H_j)^2}$$

式中：Di是点i离原点的距离，即综合指标值；

Z_{ij}是点i在变量j上的标准化数值；

H_j是原点在变量j上的标准化数值；

m是变量数。

W_j是变量j的权数；

一般来说收集得的数据称为原始数据。原始数据的量度尺度是不相同的，例如在分析中，X_1的单位是万亩，而X_2则是公斤／亩。不同量度尺度的数据之间是不可比的，所以还必须对原始数据进行标准化，使之可比。标准化的格式有两种：标准差标准化和极差标准化。这里使用的是前者，其计算公式是

$$Z_{ij}=\frac{X_{ij}-\overline{X}_j}{S_j}$$

式中：X_{ij}是点i在变量j上的原始数据值；

S_i和$\overline{X}_j$分别是变量j的标准差和均值。

变量j的均值和标准差分别是由下式计算的：

$$Xj=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}Xij$$

$$Sj=\sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(X_{ij}-\overline{X}_j)^2}$$

式中：n是总的点数；

其他符号与上相同。

很显然，Hj的数值等于

$$Hj = -\frac{\overline{X}_j}{S_j}$$

因为坐标原点的原始数值$Xij=0$。这样看来，标准化是变换坐标轴，把有量纲的原始数据转换成无量纲的标准化数据。转换后的标准化数据有均值为0、标准差为1的特点，从而达到了消除因量度尺度不同而引起的不可比性这个目的。

值得注意的是，在实际情况下，各个指标的重要性是不相同的，所以应该有所侧重。侧重的指标是X_1、X_2和X_6。X_1表示棉花的种植数量，是基地县的重要标志；X_2是综合表现各个生产条件和生产基础，X_6是基地县的空间区位，体现基地县的布局特点。在分析中，我们把X_1这个指标提高到比其他量度尺度重要6倍的水平上来考虑，X_2和X_6

表9-13 商品棉基地县的选择

县名	综合指标值	次序	县名	综合指标值	次序	县名	综合指标值	次序	县名	综合指标值	次序
平原	16.2339	1	济阳	12.7835	25	单县	11.1904	49	封丘	9.3006	73
陵县	15.12	2	东光	12.7355	26	赵县	11.0896	50	武邑	8.8841	74
齐河	14.5551	3	惠民	12.6676	27	曹县	10.9040	51	虞城	8.5933	75
束鹿	14.3452	4	滨县	12.6560	28	故城	10.8155	52	梁山	8.5626	76
商河	14.3402	5	冠县	12.5927	29	鹿邑	10.5774	53	安阳	7.9815	77
成安	14.3298	6	博兴	12.5684	30	清丰	10.5563	54	砀山	7.8882	78
扶沟	14.2946	7	郓城	12.4672	31	太康	10.5107	55	鄄城	7.5261	79
禹城	14.2608	8	滨海	12.3744	32	沾化	10.4997	56	东明	7.1877	80
吴桥	14.2477	9	高青	12.3713	33	景县	10.4655	57			
临邑	14.1334	10	定陶	12.1968	34	枣强	10.4427	58			
铜山	14.0244	11	南宫	12.1818	35	内黄	10.2802	59			
宁津	13.9788	12	灌云	12.1683	36	萧县	10.2720	60			
冀县	13.7734	13	嘉祥	12.1674	37	丰县	10.2623	61			
晋县	13.7593	14	藁城	12.1626	38	永城	10.1866	62			
乐陵	13.6555	15	威县	12.0723	39	滑县	10.0373	63			
阳谷	13.3704	16	睢宁	12.0559	40	永年	9.9850	64			
临清	13.2387	17	夏津	12.0058	41	西华	9.9079	65			
高唐	13.1657	18	成武	11.9757	42	淮阳	9.8990	66			
聊城	13.0931	19	邹平	11.9430	43	商丘	9.8705	67			
莘县	13.0929	20	阳信	11.8980	44	寿光	9.7412	68			
广饶	13.0314	21	昌邑	11.8377	45	河涧	9.73544	69			
金乡	12.9414	22	河泽	11.7404	46	鄢陵	9.5368	70			
东阿	12.8442	23	巨野	11.3938	47	杞县	9.4987	71			
茌平	12.7921	24	宁晋	11.3721	48	尉氏	9.4714	72			

的权数是2，因为X_1代表的信息较多。

从表9-13中可以看到，有11个县的综合指标值大于14；有10个县的综合指标值在13～14之间；综合指标值在12～13之间的县有20个。这三个类型的县共有41个，占总研究量的一半左右。

在所有这些县当中，山东省的平原县和陵县的各项指标组合得特别好，棉花种植面积大，单产水平高，棉花生产量大，人均有粮和人均占有耕地均大于平均水平，有效灌溉面积的比重亦较大。在地区分布上，综合指标值最大的县主要是分布在鲁北地区，共有14个县的综合指标值大于13，占总数的一半以上。

如果选择商品棉生产基地县，则可以按综合指标值的大小，依次筛选。黄淮海平原地区可以首先选择综合指标值大于13的前21个县，然后再选择综合指标值在12～13之间的20个县。值得注意的是，在上述分析的植棉大县中，有些县是以粮食为主的农业生产县，其生产方向是商品粮基地，这些县在棉花商品基地县的选择中应除去。这些县主要是位于太行山山前平原、豫东地区和徐淮地区，如滨海、灌云、宁晋等。

由于商品棉基地县是能够大量地提供优质棉花的植棉县，所以其生产应以棉花为主，棉花生产的专门化程度应较同类型地区略高一些；一般认为，棉田的集中程度在35%左右为宜，最大不能超过棉花集中程度的上限40%。因为在商品棉基地县里，也考虑到棉花与整个农业系统的关系和棉花与粮食的关系等问题。

五、棉花生产的对策

黄淮海平原地区的棉花生产在新时期下如何发展？它应该向哪里去？对于这些问题，我们采取的决策是确定棉花生产的合理规模，调整棉花生产的地域分布，选建优质商品棉基地县，以及制订棉花生产发展政策。前三个对策已经分别在上述各个部分里讨论了，这里主要讨论最后一个对策。我们认为，这个对策主要包括以下三个方面。

（1）调整棉花与其他作物的收购价格，使各种生产的积极性和吸引力相互协调。社会主义国家是计划经济，但是在计划经济的指导下，价值规律起着调节作用。把一个区域的棉花生产稳定地控制在一个合理的水平上。

（2）疏导流通领域，改革流通体制。棉花是商品性很强的作物，其产与销经过的流通渠道平均比其它作物要长。因此，流通渠道的畅通与否，直接影响到它的生产发展。因此，改革现行流通体制，使产与销直接挂钩起来，是促使棉花生产发展的重要对策之一。

当然，这并不是指抛弃国家控制的原则，实行自产自销的体制，而是指在完成国家指令调拨任务的情况下，各个产棉区应该有自己的产销主动权。因此，这个决策的关键是国家为了保证主要国民经济部门的顺利发展，制订出基本的原棉需求量以及产销地区，在这一原则下，各个产棉区主动地加强与需棉区的经济联系，实行产销挂钩，根据消费规模来制订生产的详细发展计划。

（3）加强科学研究，提高棉花品质。目前我国棉花生产面临的一个问题是棉花产品质量不能满足工业要求。这直接影响到工业产品的质量，从而反过来又制约着棉花产品的消费规模。棉花品质低劣主要是由于品质和种植技术引起，因此，不断更新棉花品种，提高棉花品质，是本地区棉花生产发展的一个对策。

提高棉花产品质量的途径很多，主要包括引进和培育优质棉花新品种，健全棉花品种的繁殖和推广体系，提高种植者的科学管理水平，实行棉花科学种植和科学管理。这些方面分别落在不同的部门里。引进和培育优质新品种主要是棉花科学工作者的职责，健全棉花品种繁殖和推广体系属于种子公司、各级农科所、棉花推广站的范围，而提高种植者的科学管理水平，则是全社会成员文化水平提高的问题，当然，它与生产者的认识水平有很大关系。

总之，具体的棉花生产发展对策很多，大体上属于上述几个方面的范围之内。在制订本地区的棉花生产发展政策时，我们必须进一步具体化，分成一系列明确的条例，才能在实际中起到作用。

第十章　黄淮海平原小麦生产和栽培技术

第一节　小麦生产发展概况

一、发展小麦生产的重要意义

小麦是本区重要的粮食作物，播种面积约1.3亿亩，约占本地区粮食面积的40%，占全国小麦面积的55.5%左右。争取小麦丰收，对本地区的农业发展具有十分重要的意义。建国以来，本区小麦生产发展很快。1952～1983年总产量增加2.4倍，单产提高350%。

小麦是本区人民的主要粮食，也是我国重要的商品粮，小麦的营养价值高，蛋白质含量一般为11～14%，高的可达17～18%。小麦蛋白质中，几乎含有人类生活必需的全部氨基酸，而且小麦蛋白含有丰富的谷蛋白和麦胶蛋白，能制成松软多孔，易于消化的馒头和面包，这是其他谷类作物所不及的。小麦的麸皮、麦秸、麦糠还是重要的饲料，麦秸还可以用于造纸及编制各种手工艺品。

由于小麦类型和品种繁多，能适应多种土壤、气候等生态条件，适于机械耕作。因此分布遍及黄淮海整个地区，不仅在平原、丘陵，而且在山区、旱地、甚至低洼盐碱地都有小麦种植。小麦可以与夏作物复种，也可以与春夏作物带状间作、套种，以提高复种指数和增加全年粮食总产量。因此，在本区发展小麦生产对实现四个现代化有重要意义。

二、小麦栽培技术发展的几个阶段

由于小麦生产的迅速发展，推动了小麦栽培技术不断革新和深入。建国三十多年来，小麦栽培技术的发展大体上经历了三个阶段。

1.1949～1957年继承传统的栽培技术与低水平的系统化。这个阶段的特点是：生产条件落后，抗灾能力差，生产水平低。但个体农民科学种田的热情高，使分散、片段的传统栽培技术经验得到了总结和应用。关键性田间管理技术措施逐步系统化，在使用土犁、土耙、土井和应用农家肥、农家种、农民遗留下来的传统技术经验的基础上，总结农业劳动模范深耕细耙、重施底肥、中耕镇压等传统的栽培技术经验。北方麦区在河北省总结推广了“培养地力、缩小行距、保证全苗”等经验；黄淮麦区在河南省推广孟县水浇地小麦“三肥、五水、二锄、一镇压”的高产经验。这些经验和措施推动了小麦栽培技术的改革，从而使小麦生产有了一定的发展。

2.1958～1973年改变生产条件和栽培技术单项措施的深化。这个阶段的特点是：逐步加强了农田基本建设，机械化程度有所提高，以深耕、密植为中心的栽培技术改革，使深耕改土、增施化肥、合理灌溉等单项技术和茎、叶同伸规律、群体结构理论得以深

入研究，总结了小麦大面积丰产栽培技术。在生产上总结推广了重施底肥，窄行匀播结合施肥和看天、看地、看苗情进行田间管理等措施，推广良种，基本上建立了“三级”良种繁育制度，充分发挥了优良品种的增产作用。

3.1974～1985年实现抗逆、高产、稳产、优质、低耗等综合栽培技术体系的指标化、规范化。这个阶段开始重视以提高效益为目标，在较大范围内研究小麦生长发育与外界条件的关系的基础上，划分了不同生态类型麦区，并根据不同生态区进行高稳优低的生产模式的研究，使田间栽培管理基本实现指标化，规范化。在河南省大面积推广小麦高稳低栽培技术体系，在山东省推广冬小麦精播高产栽培技术，全区大面积应用“小麦叶龄指标促控法”，均获得较大的经济效益。针对黄淮海地区旱、薄、碱的特点，抗逆栽培技术的研究得以加强，“集中沟播施肥”，“晚播小麦地膜覆盖”，“耕作保墒与咸水利用”等技术在逐步推广。特别是80年代以来，随着系统科学和电子计算机的应用，开始了对生产过程的模拟、寻优和对多目标系统进行综合研究，逐步实现最佳技术方案的定量化。这些为小麦栽培技术的研究开拓了美好的前景。

三、小麦生产存在的主要问题

1.旱涝碱薄严重，自然灾害频繁。旱涝碱薄是本区小麦生产发展的主要障碍因素，特别是冀、鲁、豫低洼平原地区。建国以来，国家在这个地区投资250多亿元用于治理，兴修了黄、淮、海水系工程设施等，进行农田基本建设，有效灌溉面积已占耕地面积的54%以上。但旱涝等自然灾害仍然很频繁。据冀、鲁、豫三省统计，1971～1979年旱涝成灾面积，每年平均仍有5453万亩，占耕地面积的16.9%，其中旱灾占10.4%，涝灾占6.5%。此外，小麦成熟期间常遭干热风的危害，有的年份冻害亦十分严重。

本区瘦地、盐碱地面积大，其中盐碱地约2500多万亩，砂姜黑土2300多万亩，沙土2500多万亩，这些耕地不仅干旱缺水、盐碱严重，而且肥力很低，土壤有机质一般不足1%。这些都是提高小麦单产的重要障碍因素。

2.管理水平低，地区发展不平衡。黄淮海平原低产面积较大，约1亿多亩，占耕地的三分之一，产量低，效益低。一般对低产地重视不够，管理不及时，有的甚至只种不管，不施肥、不中耕、不浇水；相当一部分高产地区仍然是大水、大肥、大播量，不仅浪费肥水、种子等生产资料，而且造成严重倒伏减产，这种不计成本，不讲经济效益的现象仍然存在。

3.盲目引种，品种混杂严重。有些地区片面追求高产品种的增产效果，不根据本地条件盲目调引种子，结果高产品种产量不高，反而带来品种严重混杂的不良后果。有些地方忽视良种良法，不管是什么品种，也不管它的具体耕种特点，盲目套用，导致减产。

第二节　小麦品种的生态适应性

一、品种形成的生态条件

小麦品种是在一定的生态条件下，结合品种本身的生育特征和特性，通过自然选择

和人工选择形成的与生态相适应的具生理遗传特性的类型。一个品种在生产上的表现，是品种的遗传特性与其外界条件相互作用的结果。深入了解不同地区的生态条件，分析原有地方品种的生态特性，对于小麦的生态区划和育种、栽培等方面，都是非常必要的。

黄淮海平原是我国小麦的主要产区，跨越8个纬度，地形、土质、气候多种多样，种植制度也有较大差别，构成了极为丰富的品种类型赖以形成的得天独厚的条件。

1.地势土壤及气候条件

黄淮海平原为冲积平原，地势平坦，海拔高度大多不超过100米。土壤主要有潮土、盐碱土、砂姜黑土以及沿河两岸的水稻土。大部分地区土层深厚，耕性良好，适宜多种作物生长，但亦有相当面积的“旱”“薄”“涝”“碱”地。

本地区具有温带的半干旱半湿润季风气候特征：夏热多雨，冬寒晴燥，四季分明。无霜期175～225天。不仅热量丰富，而且日照充足，年总辐射量110～140千卡／厘米^2，年降水量500～1000毫米，干燥度0.9～1.6，降水由北向南、由内陆向沿海渐增。冬春降水仅占全年的15%左右，55～70%降水量集中在6～8月份，春旱夏涝。年降水相对变率为20～34%。

由于温度、降水等在时空上的分布不匀，往往对小麦的生长发育产生不利的影响，甚至形成自然灾害。春季温度回升快，但不稳定，尤其是北部常有骤寒骤暖的现象，形成春霜冻害。不同程度春旱的出现率达90%以上，冬春寒旱交加，往往死蘖死苗严重。小麦生育期间降水仅为年降水量的25%左右，据我院农田灌溉所在河南省新乡亩产515公斤的地块上测定的小麦阶段耗水量与黄淮海平原各地同生育期实际降水量进行比较(表10-1)，可知自然降水难以满足高产需要。

表10-1　小麦各生育期间耗水量与同期实际降水量比较

单位：方／亩

生育期	播种-分蘖	分蘖-越冬	越冬-返青	返青-拔节	拔节-抽穗	抽穗-成熟	全生育期
耗水量	21.0	45.0	36.3	31.5	126.0	92.0	351.8
降水量	13.3 ～24.0	16.6 ～23.3	10.0 ～33.3	10.0 ～33.3	16.6 ～46.7	46.7 ～66.7	113.2 ～227.3

秋旱或秋涝常有发生，直接影响小麦适时播种。干热风几乎年年发生。灌浆成熟期的高温和雨后暴晴，致使小麦青枯逼熟，籽粒干秕，严重影响产量。春夏之交季节，常有冰雹，并往往伴随大风暴雨。虽然是局部性的，但危害很大。

2.种植制度

水浇地以一年两熟为主，旱地以两年三熟为主，轮作换茬的方式比较灵活。50年代，主要是扩大复种面积和改种高产作物，无论三年四熟的夏季休闲地或二年三熟的冬季休闲地，都向小麦与玉米或甘薯两茬连作的方向发展，提高了复种指数。近年来，各地作了一些调整，恢复和发展了经济作物，压缩了一部分旱薄低产小麦面积，一年一熟面积有所增加。

3.主要病虫害

小麦“三锈”均有发生。淮北地区叶锈发病较重，徐州地区则以秆锈发生较多。随着水肥条件的改变和密植程度的提高，白粉病的为害日趋普遍而严重。近年来，赤霉病向

北蔓延。局部地区的丛矮病、叶枯病、黄矮病等亦为害较重。主要的虫害在前期有蝼蛄、蛴螬、金针虫等地下害虫，中后期有麦蜘蛛、麦蚜、粘虫等。近年麦蚜的为害有发展趋势。

二、品种的主要物候期及生育特点

由于各地气候条件的不同，播期相差近一个月。播种的适期北京是9月下旬，蚌埠是10月中下旬。一般说来，南部播种期起迄时间拉长，北部较短。

如果把日平均气温稳定＞0°C的出现日期作为小麦越冬的起迄日期，则在许昌至淮安一带以南的地区不存在越冬期，只有1～2个月的缓慢生长期。北部由于接近冬小麦的种植北界，在长达3个多月的越冬期内，地上部全部枯死。许昌至淮安一带北侧的相邻地区，麦苗能带绿过冬。以郑州为例，越冬期间，日均气温基本保持在0°C左右，麦苗继续缓慢生长，处于“下长上略长”的状态。

小麦的返青期，淮北在2月下旬至3月上旬，北京在3月上旬至中旬，南北相差15～20天。成熟期南部为5月底6月初，北部为6月中下旬。

小麦总生育期是南短北长，一般为220～270天。但因北部地区地上茎叶停止生长近100天，实际生育的时期反而是南部较长。中部和南部秋季温度适宜，又无明显的越冬期，因而幼苗阶段长，有助于养分积累和提高分蘖成穗率。北部春秋季昼夜温差大，光照强度大，日照时间长，对生根、增蘖、培育壮苗亦十分有利。另外，当冬蘖不足时，还可争取部分春蘖成穗，这具有重要的抗灾稳产意义。

小麦幼穗分化的特点，南北之间也存在较大的差异。中、南部的穗分化在冬前冬性品种可达单棱期，半冬性品种为二棱始期，春性品种可进入二棱中期。郑州整个穗分化期长达160～170天（比北京多40～80天），其中单棱期历时近一个月。二棱期开始于冬前，结束于冬后，持续两个多月。穗粒数的增加主要靠增加小穗数，而小穗数分化的多少又取决于小穗分化期（单棱期和二棱期）的长短。由于在郑州幼穗分化具有开始早，经历时间长，前期慢，后期快的特点，因而对形成大穗多粒极为有利。在北京3月中旬生长锥才开始伸长，到3月20日前后进入单棱期，比郑州推迟130多天。到4月初，小穗分化也渐趋结束，这一过程仅有20多天，由于穗分化开始晚，结束又早，难以形成大穗。在偏南部的沿海地区，秋季温度下降较慢，春温回升较迟，春蘖少而难成穗，品种大都是大穗多粒型的。

从生育的各阶段持续日数来看，无论南北，都具有“前长后短”的特点。抽穗到成熟仅仅40天左右，不足整个生育期的五分之一，其中灌浆天数不过20天。小麦灌浆期正处于入夏迅速升温阶段，天气燥热。高温能加速灌浆过程，尤其是当气温超过32°C时，茎叶和籽粒中水分散失过快，光合作用受抑，持续3天以上或是再继续增温，就会逼熟青干，大大降低千粒重。在北部地区，有的年份春温低而不稳，起身迟，苗期经历时间长，成熟推迟，灌浆期更短。

三、小麦生态区划与品种生态类型

黄淮海平原是我国南方冬麦区与北方冬麦区的过渡地带，根据全国小麦生态区划，分属于二大麦区的三个副区。

北京、天津、河北省的唐山、廊坊两地区全部和保定、沧州地区的定县、沧县以北

地区，是北部冬麦区的冀东北平原副区。本区冬春干旱，夏秋易涝，冬季漫长而寒冷，小麦越冬期间负积温在250～350°C之间，最大冻土层深度40～90厘米，终霜期一般为4月上旬。因此，冬性较弱、光照反应不敏感的品种易遭冻害。传统的地方品种生态特点是：冬性至强冬性，抗旱、耐寒，繁茂性好，分蘖力强，成穗率高，抗条锈、叶锈，后期灌浆快，落黄好，粒饱皮薄，质硬粒白，休眠期短，中熟多穗，丰产稳产。境内的山麓平原土层深厚，耕性良好，是北方旱作农区灌溉最发达的地区，生产上大面积使用的品种属中、高水肥栽培生态型和肥旱地栽培生态型。低洼平原地区历史上是一个旱涝碱危害严重，产量低而不稳的农业区，解放后虽经治理，但土壤盐碱化问题仍然存在，地力瘠薄，小麦生产水平不高。因此，品种为耐旱、耐瘠、耐盐的栽培生态型。

河北省中南部、山东省西北和中南部的山麓平原及河南省黄河以北的地区为黄淮冬麦区的华北平原副区，该副区以南为淮北平原副区。黄淮冬麦区气候比较温和，淮北平原副区实际上是冬性、半（弱）冬性品种和春性品种兼用地带。华北平原副区由于地理位置偏北，冬性偏弱的品种仅能在其南部地区正常越冬，春性品种一般难以越冬。黄淮冬麦区的农家品种一般具有三大特点。

（1）早熟性　由于对春化和长日照的反应中等至敏感，通过阶段发育的时期较短。随着春季气温回升，较快地返青拔节，后期灌浆也快，有利于适应传统耕作制度的要求和躲避高温。

（2）多实性　圆颖多花类品种小穗粒数较多，常达4～5粒，拟密穗类品种，小穗密度较大，一般可达30～40，且穗粒数多。多花多粒性是穗分化强度高的表现。

（3）适应性　各类品种都对当地特殊条件具有高度的适应能力，如耐旱型、耐碱型、耐渍型等，且多数农家品种均能耐瘠、抗干热风。

解放以来，黄淮冬麦区由于不断推广良种，逐步改变了固有的品种生态型。首先是品种生产潜力提高，由农家种最高亩产200公斤上下的丰产潜力，逐步具备了亩产350公斤、450公斤以至500公斤的丰产潜力。这大多表现为穗子增大，千粒重提高，但分蘖力有降低的趋势。其次是适应性变化，对于耐旱、耐涝、耐碱、耐高温等特殊适应性已不如农家品种，而一般适应性又往往高于农家品种。一个品种种植面积甚至可达上千万亩。第三是抗病性变化。原来的农家种对多种病害具有一定耐性，经杂交改良，使耐性减退，增加了抗病性。近年来因生产条件的改善，加之引种频繁，病害有增多加重之趋势。第四是成熟变晚而春性加重，对抵抗寒冷和躲避高温有不利的影响。

第三节　冬小麦栽培技术

小麦产量的高低，主要是由环境条件、种子和栽培技术的相互作用决定。环境条件中包括自然因素和物质条件两方面。其中自然条件，特别是农业气候、土壤和水文地质上的不利因素，则是造成小麦低产的主要原因。在大田生产条件下，小麦生长发育和高产所必需的生活条件（温、光、水、肥、气）中，温和光主要依靠自然界得以满足；而水、肥、气等一部分来自于自然界，另一部分则是依靠在栽培过程中人工给予供应和调节，通过土壤对小麦发生作用，并受土壤环境制约，而在产量上表现为不同的效果。

从小麦生产的类型来看，大体有以下三种情况：

自然因素＋种子——→自然产量（称自然生产力）

自然因素＋种子物质＋条件——→物质产量（称社会生产力）

自然因素＋种子物质＋条件＋科学技术——→科学产量（称科学的社会生产力）

当前本地区土壤的水分、养分和热量条件与小麦生长发育和高产的要求极不相适应，存在的主要问题是旱、涝、盐、碱、风沙、土壤瘠薄和耕作粗放，产量低而不稳，地区间发展不平衡，年度间变异大。故基本上属于第一、二两个生产类型。

该地区小麦生产发展虽然存在以上限制因子，但通过“六·五”期间黄淮海平原中低产地区的综合治理，使该地区的生态环境由恶性循环向良性循环转化，同时多种经营发展较快，具备了“以副促农”的条件，为发展小麦生产创造了良好的条件。

从自然条件来看，黄淮海平原地区光热充足，雨热同季，小麦的生产潜力很大。以河北青县为例，据1985年调查，该县小麦生育期中的9月中旬至翌年6月上旬，太阳辐射能为67.35千卡／厘米^2，零度以上的平均温度为12.79°C，土壤有效贮水量为107米^3／亩（相当于160毫米左右）。该县的温、光、水资源数值用下列公式计算出小麦气候生产潜力，小麦亩产可达289.21公斤。

设Yc为温、光、水生产潜力、Yt为温、光生产潜力

则：

$$Y_C = \frac{Wi}{ET} \cdot Y_T$$

其中：

$$Y_T = \begin{cases} 0 & \text{当} T \leqslant 0°C\text{时} \\ 0.837 \times T \times Q & \text{当} 0 < T < 30°C\text{时} \\ 25.1 \times Q & \text{当} T \leqslant 30°C\text{时} \end{cases}$$

T为气温、Q为太阳辐射量（千卡／厘米^2）、Wi为小麦生长季节中的土壤有效贮水量，ET为能够形成光热生产潜力的作物理想群体的潜在蒸散量，小麦ET值取400毫米。

根据以上小麦产量潜力公式的估算值，每毫米降水可生产小麦0.47公斤。但根据156块麦田调查，实际平均单产仅129.5公斤，每毫米降水只生产0.21公斤小麦，即实际产量仅达到生产潜力的45％。

据商丘实验区中国农业科学院农田灌溉所研究结果表明，按商丘、民权、宁陵三县的气候资料计算，小麦的温光生产潜力为553.5公斤／亩；在自然降雨条件下旱作小麦的生产潜力为386.5公斤／亩。从光温降雨的理论生产力看，只有少数高产地块接近或达到以上指标，而大部分都远远低于这个标准。1984年统计，治理区小麦平均亩产为219.5公斤，仅达到生产潜力的39.65％和温光生产潜力的56.8％，说明小麦产量潜力是很大的。

因此，从技术角度上讲，要提高小麦产量和经济效益，必须解决以下三个问题：

1.排除障碍（有害）因素，发挥有利因素

在自然界各因素中，如光、温、气、热、水、肥（氮、磷、钾三要素及微量元素）是小麦生长发育的必要因素。此外还有无害因素和有害因素。当有害因素达到一定程度就会给小麦生长带来障碍。如盐碱害、低湿涝害、冻害冷害、病虫害等等。在生产上障碍因素是主要矛盾，都是必须首先加以解决的。

2.补足必要因素

小麦生长所需诸因素是有一定的比例关系的。哪种因素不足，其产量即受该因素所制

约，这种现象称为“最小要素律”。如生产50公斤小麦约需要35吨水、1.5公斤氮、0.5公斤磷、1.5～2.0公斤钾。若土壤干旱、水分不足，即使肥料要素不缺，产量也上不去，在这里水就是最小要素，因此在旱地小麦区，水分不足是主要矛盾。从肥料上讲，当前一般低产麦田土壤有机质含量仅0.5～0.6%，速效磷在5～10ppm以下，全氮量低于0.05%。就含磷量来看，一般亩产100公斤左右问题不大，而速效氮量仅能生产小麦50公斤左右。故要提高产量，必须在首先满足氮肥的基础上，增施磷肥，做到氮磷配合。有机肥是全肥，增施有机肥和氮磷化肥是改造低产田的根本问题。

3.合理使用生产资料

在排除障碍因素，突破最小要素的同时，要合理使用生产资料，发挥物质投入的经济效益。否则会出现单位物质投资的产量和经济效益递减现象。这是因为生产条件改变后，受“最小要素”的转化和小麦品种本身同化能力的制约，出现“报酬递减”，这是不易克服的障碍。

因此，针对黄淮海地区的实际情况，需要采取以下措施：

一、因地制宜，合理安排小麦面积

当前中低产地区，一般种麦面积较大，甚至盲目扩大复种指数，与地力不相适应，既不利于用养结合，又造成劳力紧张，投资浪费，严重的会导致全年减产。应因地制宜，适当稳定麦田面积，取消“帮忙田”，以利合理安排其他较适宜的作物。并相应调整种植制度，如北方旱薄地、盐碱地应恢复部分二年三熟制和一麦一肥（绿肥）制，复种指数不宜超过150%，适当搭配豆类、绿肥等。根据土壤特点，把小麦安排在稳产保收的土地上，加强管理，以提高单产和总产。

据青县旱地农业增产技术研究结果，综合各地经验，在盐碱地区（以硫酸盐，氯化物为主），含盐量麦地以0.15%以下的土壤为宜，含盐量在0.15～0.2%的土壤为可种麦地，但应采取深耠沟、集中施肥、浅盖土等保苗措施。但在含盐量达0.2%以上的氯化物或碳酸盐土的土壤，一般不宜种麦，可供种植耐盐性较强的春播作物如高粱、棉花等。如有水利条件，则应在灌水压盐后，再耕地播种。但碳酸盐脱碱困难，还应结合重施有机肥。此外，有些旱薄、风沙地，如果土壤干旱，难以保苗（虽采取深耠、浅盖、重压仍难以出苗的）时，也不宜种麦。但在秋雨多的年份，盐碱地含盐量下降、旱地和沙地底墒充足，适当扩大麦田面积较为有利。

二、整地改土，提高地力

“土”是农作物生长的基础。小麦的根系必须从土壤中吸取水分、养分和氧气来供给地上部生长发育的需要，根系的活动还有赖于土壤温度。因此，水、肥、气、热是小麦生长所必需的营养因素和环境条件，即所谓土壤综合肥力。肥力四因素之间能否协调，直接影响小麦产量。因此，整地改土，提高地力是提高小麦产量的基础条件。

黄淮海平原各麦区，分布着一些不同类型的低产土壤。如盐碱土、风沙土、砂姜黑土等。同时低洼涝渍、干旱瘠薄等造成土壤结构恶化，肥力四因素与小麦生长发育极不相适应。因此针对不同麦区的气候特点、土壤结构和肥力条件，影响小麦生长发育的土壤障碍因子等，采取合理的土壤耕作和培肥地力措施，调节改善土壤理化、生物特性和水、

肥、气、热状况，保证小麦稳产高产。

1.旱地小麦的土壤耕作应以蓄水保墒为中心

在北方旱薄低产麦区，水资源不足，土体干旱，水是主要矛盾。冬小麦生育期间缺水易旱，是旱地小麦的重要特点。农谚说："种麦要靠八、十、三场雨"。即农历的8月是播前底墒雨，10月是麦苗分蘖盘根雨，3月是拔节"怀胎"雨。据研究，这三场雨与冬小麦产量的相关系数达0.7～0.9，其中与十月的苗期雨的相关系数达0.6以上。由于目前大部分麦田耕作粗放，土壤板结，造成有限降水与土壤水资源浪费严重。因此，如何把占全年雨量60%的伏雨和珍贵的十、三两场雨，蓄纳保持起来，作到伏雨秋用，秋雨春用，春雨夏用，是旱地冬麦生产的重要环节。根据"六五"期间青县旱地农业增产技术研究结果，并综合北方冬小麦旱地耕作的共同经验，采取休闲麦田收获后浅耕灭茬、防止跑墒，适时深耕、多纳雨蓄墒，秋耙、耱收墒，使滴雨归田入土和播前精细整地等措施是行之有效的。

浅耕灭茬。休闲麦地在前作收获后，立即浅耕（串）灭茬，疏松表土，消灭杂草，防止蒸发和雨水流失，扩大保墒面积，并为深耕蓄墒创造条件，是发挥土壤水库的蓄水、保水和供水作用的一项有效措施。因为麦收后旱地麦区蒸发量最大，雨季尚未来临，表层0～20厘米含水量降到8%以下，0～100厘米土层含水量降到11%以下，是土壤水分严重亏缺阶段。根据青县的降水规律和土壤水分动态特点，小麦所需耗水量主要是来源于夏闲期间的土壤贮水。许多村采取此法收到良好效果。单产由122.5公斤提高到161公斤，增产24%。

深耕蓄墒。深耕的作用是破除犁底层，加厚疏松层，改善土壤结构，增加土壤水库贮水量。伏前深耕是最大限度接纳伏雨恢复麦田水分的重要措施。深耕措施应根据降雨，土壤水分的变化规律进行。深耕要及时，要在雨季来临时的第一次透雨后趁墒适时进行。耕后在伏雨较多的年份或地区可晒垡纳雨。但在无雨的情况下，切忌深耕，以免形成"牛头坷垃"。若麦收后及时降雨的地区，可不必浅耕灭茬，而采取一次深耕。根据青县基点试验结果，该县耕地耕层一般为15～24厘米，土壤容重为1.25～1.45克／立方厘米，总孔隙度在46%左右。深耕后，孔隙度由45.9%提高到53.8%。砂土地0～60厘米土层，深翻比对照增加贮水2.28吨／亩，提高8.2%；在粘土地深翻比对照增加贮水9.47吨／亩，提高32.5%；稖地较对照增加3.16吨／亩，提高10.9%。

耙耱收墒。深耕纳雨后，要趁墒耙耱收墒做到"里张外合"，有蓄有保。"里张"即耕得深透，土壤松散，可以充分接纳雨水；"外合"即多耙收墒，减少蒸发。只要不失时机地把耕、耙结合好，做到早灭茬，破土保表墒；适时深耕纳雨蓄底墒；趁墒细犁带耙，破垡松土争匀墒、收全墒即可有效地保蓄雨水，做到伏雨秋用春用。

播前精细整地。播前整地是旱地冬小麦播前最后一次耕耙保墒措施。若播前雨水较多，应浅耕细犁，耙耱播种。若播前较旱，只耙不犁以免跑墒。整地的标准应达到"深、透、细、平、实、足"六字要求。深——就是深耕；透——是耕地时要一犁搭一犁，不漏耕，不留暗埂，把耕层全部犁透；细——指耕后及时耙耱，或用旋耕犁旋透，把土垡耙碎，不留明暗坷垃；平——耕地深浅一致，扣垡整齐，耕耙后地面平整；实——即土壤上松下实，土壤过浮的要进行播前镇压。

2.冬小麦水浇地的整地

水利条件较好的麦区，复种指数较高，农时紧张。整地的关键是：抢时深耕、细整，保证种上适时麦。底墒足，适时早深耕，是灌区小麦增产的重要环节。除对前茬作物选用早、中熟品种外，还应在前茬作物生育后期，采取深中耕，消灭杂草，做到有雨蓄墒，无雨保墒，促进秋粮作物早熟，早腾茬，早整地，提高耕地质量。如前作的生育后期土壤干旱，还应于收获前几天灌好串茬水，以便蓄足底墒，不误种麦。整地要达到精耕细整，地平埂直，上虚下实的要求。

3.低湿地和稻茬麦田的整地

低湿地和稻茬麦田，一般土壤含水量大，干耕晒垡机会少，多用旋耕机犁地。由于土壤板结，耕层变浅，犁底层紧实，土壤通透性较差，还原性强，因而阻碍麦根下扎，形成根弱苗僵，严重影响小麦正常生长发育和提高产量。因此必须搞好田间灌排系统，加速排除地面水，减少潜层水，降低地下水。

在土壤耕作上采用以下几种方法。

机、畜结合整地法。由于土壤较粘重、潮湿，一般可采用“深——浅”两段作业法。即前作物收后，及时深耕结合粗耙晒垡，第二次浅耕细耙。稻田若腾茬晚，种麦季节紧迫，要耕耙结合进行，在深耕后，待土壤水分适当时，再用旋耕犁或圆盘耙充分碎土，并配合人工细整细平。

三、选用抗逆、稳产、高产品种

小麦品种的抗逆增产性能是中低产地区增产的内因，选用对路品种是一项关键性措施。在旱、薄、盐、碱地区，要因地制宜地选用耐盐性强、抗青干、适应性强的具一定丰产潜力的品种。特别要注意与适应性有关的株型结构和生长特性，如株高85～100厘米，分蘖力强，适应性好，穗下节长，根系强大，叶形较小，前期发育较慢而稳健，后期灌浆快，对肥水的需求相对较少，不早衰，落黄好，产量相对稳定的品种。不宜追求高肥水和矮秆、大叶、大穗型品种。因为高肥水麦种，一般分蘖较少，根系发育相对较弱，抗逆力较差。盲目引种，往往造成严重减产。此外，还应注意选用耐寒性较强的半冬性或冬性品种较为稳妥。

据商丘试验区中国农业科学院灌溉所1983～1985年品种试验结果，以豫麦一号和郑州683表现良好，既耐旱又高产。高产旱地以偃师9号、洛阳7602和豫麦一号较好。还有濮阳5号、衡水827、文良一号、CA8129、衡水714等五个品种均较对照品种7023号显著增产。以上品种的共同特点是冬性品种，耐旱、耐寒力较强，株高中等（100厘米左右），分蘖力较强，成穗数高，灌浆速度快，早熟丰产性好。据青县旱地农业增产技术研究，评选出科遗号小麦可作旱薄碱地区的当家品种；丰抗8号生产性好，抗病性强，适应性广，在中产麦区具有广泛的前景。丰抗7号具有较好的耐盐碱能力。

根据实践证明：黄淮海平原的中低产麦区应按照耕作制度、生产水平和自然灾害特点进行品种合理搭配，避免盲目引种。一定要按本地区的生态条件和生产上对品种性状的要求，到同一麦区的适宜地方引种。而且要进行品种试验，即将新选育和引进的品种放在本地区不同土质，不同栽培条件下进行2～3年的多点试验，以本地主栽品种作对照，将确实表现适合当地条件，比对照品种显著稳定增产的品种，进行较大面积示范后再推广。

四、合理施肥，改进施肥技术

中低产地区地力不足，肥料少，如何经济合理施肥是一个突出问题。一般每生产50公斤麦粒，约需要吸收纯氮1.5公斤、磷（P_2O_5）0.5～0.75公斤、钾（K_2O）1～2公斤。施肥量要根据产量的要求、土壤肥力基础和肥料当季利用率确定。

土壤肥力基础是指土壤的理化性状、有机质及氮、磷、钾的含量。高、中、低肥力标准大致如下表。

表10-2 土壤地力等级指标

项目 / 等级	有机质 (%)	全氮 (%)	速效磷 (ppm)	速效钾 (ppm)	容重 (克/厘米^3)	孔隙度 (%)
高肥地	1.0	0.08	20～30	50～100	1.2～1.4	50
中肥地	0.7～1.0	0.05～0.08	10～20	50～70	1.4～1.5	40～50
低肥地	<0.7	<0.05	<10	<50	<1.5	<40

肥料当季利用率，因种类和施肥方法而不同，一般腐熟有机肥为20～25%；氮素化肥约为50～70%（但碳铵由于挥发性强，利用率在40%以下）；磷肥为15～30%，钾肥可达50～70%。实际施肥量一般应大于理论施肥量，其中氮素应大1倍，磷素大2～4倍，钾肥在1倍以下。

小麦不同生育期对氮、磷、钾的吸收量是不同的，因自然条件，栽培施肥技术而异。据山东农科院、河南农学院研究指出，小麦一生对氮素的吸收有两个高峰，一个是分蘖到越冬，这个时期是营养体生长阶段，虽然苗小，但氮素代谢旺盛，相对需要量大，占总吸收量的13.5%。充分满足苗期对氮素的需要，才能促进早生分蘖，早发根。另一个高峰是在拔节到孕穗期，植株生长迅速，生殖生长与营养生长并进，碳、氮代谢旺盛，需氮量急剧增加，占总量的37.3%。磷、钾素的吸收量随小麦生长而增多，从拔节后，需要量急剧增加。尤其是开花到成熟期，是碳水化合物合成并向籽粒转移重要时期，在良好的氮素营养基础上，需要充足的磷、钾营养，吸收量约占总量的40%。返青前需磷量虽不多，但它对小麦分生组织的生长分化影响很大，对生根、长蘖有显著效果。

春季不同叶龄肥水对器官和产量影响不同。如以n代表追肥浇水时的露尖叶位，其肥水效应均以对（n+2）叶(始伸叶)及其同伸器官的影响最大，次为（n+3）叶（待伸叶）和（n+1）叶(速伸叶)。即追肥浇水对已分化并正在开始伸长的器官的影响最大。

不同叶龄追肥浇水对提高叶面积指数和延长绿叶功能面积也有不同的作用。春1、2叶肥水，使中部叶片较大，上下层叶片相对较小，叶层呈两头小，中间大的棱形分布；起身后叶面积指数明显增大，但拔节后下部叶片衰老较早，叶面积指数下降也较快；春3、4叶肥水、则上部叶片较大，中下部节间较长，叶层呈倒锥形分布，叶面积增长最快、最多，持续时间长，以春3叶肥水为显著。春5叶和旗叶肥水，植株各层叶片均相对较小，其上部叶片小，基部节短粗，上部节长，叶层呈塔型分布，群体叶面积指数基本不增加，但可显著延长叶片功能期，特别是旗叶露尖前后追肥浇水，能保持叶面积指数到灌浆盛期才下降。由于在叶面积指数相同的情况下，茎数较多但叶片较小的叶层光合作用要比茎数较少、叶片较大的叶层光合作用效率高，故春5叶和旗叶露尖后肥水，有利于保持

叶面积指数，延长叶片功能期，提高开花成熟的光能利用率。

对总茎数和成穗率的影响是，春1、2叶肥水具有显著巩固分蘖，增加穗数的作用，提高亩穗数的关键在春生2叶前后肥水。

不同叶龄肥水对穗部性状的影响。在北京地区，春1叶到5叶露尖是小穗、小花分化的主要时期。地力基础较好的情况下，在此期内肥水早晚对穗部性状影响较小。从雌雄蕊分化（春5叶露尖）期到药隔形成（旗叶露尖）期是小花退化高峰期。前者占23％左右，但较稳定，药隔期退化率高达30～40％，且变幅大。小花退化的主要原因是由于小花发育的不均衡性。当生长中心转移后，发育晚的小花未能完成分化，其整个穗子就过渡到下一个生育阶段而造成大量的小花因发育时间晚和物质供应不足而退化。因此，延长小花发育时期，特别是延长药隔至四分体的分化时间，使孢原组织和雌蕊得到较充分发育，是提高结实率，增加结实花数的重要途径，所以在旗叶露尖期即药隔至四分体分化期，保证氮素、磷素营养和水分供应，可减少退化小花数，提高成花结实率，每穗粒数显著增加，是促穗大粒多的关键时期。

施肥量、施肥方法与小麦产量的关系。掌握了小麦需肥规律，就可以按照预期的产量指标来确定所需肥料的定额和各种肥料的施用量。但是，施肥量与产量的关系是十分复杂的，受土壤肥力基础、肥料种类和质量、气候条件、前茬作物及小麦品种、施肥方法以及栽培措施等方面的影响。

综上所述，针对中低产地区的特点，必须实行增施有机肥，合理轮作倒茬，培肥地力，增施底肥，氮磷配合，巧施追肥的措施，改进施肥技术，为抗逆增产奠定物质基础。

1.增施有机肥，培肥土壤

土壤中的有机质和有机无机复合胶体是高产肥力的物质基础。增施有机肥料，不仅增加土壤养分，而且促进微生物活动，实现土肥相融，改良土壤结构，增强土壤的保肥、供肥能力。据中国农科院土肥所和河北省土肥所研究，在小麦亩产250～300公斤，土壤耕层含腐殖质1.54％的水浇地上，每年施入2500公斤有机肥。三年平均耕层土壤腐殖质增加0.04％，在一年两熟亩产200公斤左右的水浇地上，每年施3000公斤优质有机肥，两年后，0～30厘米土层中有机质由1.12％上升到1.25％，积累速度为0.065％。而不施肥的对照地，有机质的含量则每年平均下降0.06％。

增施有机肥对提高土壤速效养分特别是有效磷的供应水平效果显著。质量好的厩肥中全磷含量高，速效磷达0.1～0.5％，比麦田土壤中的含量高数百到千倍以上。因此，增施有机肥对于土壤有效磷的积累有重大作用。

尤其在干旱缺水的条件下，由于土壤肥力不同，产量显著不同，土壤瘠薄，麦苗生长不良，大大降低土壤水分的利用率。在同样降雨条件下，连年施用有机肥的高肥地要比“白茬地”0～2米深土壤贮水量多50毫米／亩，折合每亩多贮30立方米水。说明增施有机肥，能起到“以肥调水”“以肥增水”的作用。

根据各地经验，要求全面增施有机肥是难以办到的。因此，应根据积肥数量和种类，旱地、薄地、晚茬地、远地多施有机厩肥，肥地少施。或者分区分片，采取轮施的方法，结合轮作倒茬用养结合来培肥地力。

2.轮作倒茬，增肥养地

合理轮作倒茬养地是一种生物养地法。采用合理轮作倒茬和夏播一年生豆科绿肥，

是培肥地力的有效措施。

培肥麦田土壤，可采取以下措施：

（1）轮作倒茬　黄淮海地区可根据不同土壤、气候条件和生产水平，实行一麦一肥、两麦一肥或三麦一肥的方式。如夏播大豆、豌豆、绿豆、花生、油菜等作物，是小麦的良好前茬作物。种一年豌豆，每亩土壤中可增加氮素2.5～5公斤，第一年小麦可增产20～25%，在一年一熟制的地方可采用“小麦／豆类或绿肥——玉米”或“小麦／绿肥——水稻”轮作的方法。

（2）复种一年生豆科绿肥　田菁、柽麻、草木樨、毛叶苕子和绿豆是较好的一年生绿肥，生长快，生长量大，一般鲜草含氮量0.5～0.7%、磷0.1%、钾0.2～1.0%左右。每千斤鲜草可增产小麦25～35公斤，种植方式可采用麦收后抢时间抢雨夏播；也可以将草木樨或苜蓿于浇拔节水或麦黄水时提前人工撒播，利用麦行荫湿条件，提高发芽成苗率，又不影响小麦生长和收割，复播一年生绿肥，可以利用夏秋丰富降水，发挥雨热同季优势，长好一茬绿肥。当季可产鲜草1000～1500公斤／亩，耕翻后，每亩土壤耕层可增加氮素5～7.5公斤、磷1.5～2公斤、钾2.5～4公斤，增产效果十分显著。

3.改进施肥技术，提高肥料效益

根据小麦不同生育期吸收氮磷钾养分的特点，针对不同土壤的供肥特性，通过合理的施肥措施，协调小麦对养分的需要与土壤供肥之间的关系，是争取小麦高产的一项关键措施。

（1）施肥量与施肥比例　小麦的施肥量受产量指标、土壤供肥量、肥料的利用率和经济效益及土壤、气候和农业技术条件的综合影响，同时还必须根据“最少养分律”、“报酬递减率”和各种肥分的“因子综合作用律”来计算确定合理的施肥量及配比。

施肥的估算方法，可按下式进行

$$\text{施肥量（公斤/亩）}=\frac{\text{计划产量所需养分量（公斤/亩）}-\text{土壤供肥量（公斤/亩）}}{\text{肥料的养分含量（\%）}\times\text{肥料利用率（\%）}}$$

此外，也可以在常年产量和施肥的基础上确定计划增产量所需增加的施肥量，计算式如下：

$$\text{增施肥量}=\frac{\text{计划增产量所需的养分量（公斤/亩）}}{\text{肥料的养分含量（\%）}\times\text{肥料的利用率（\%）}}$$

必须指出，由于土壤供肥量、肥料利用率以及形成一定数量的经济产量所需要养分量随生产条件而变化，因此，利用养分平衡法确定施肥量，只是一个粗略的估算。

氮磷钾三要素的合理配比，能协调小麦对养分的需要，提高肥效。黄淮海平原的中低产麦区，土壤肥力基础较差，耕层含有机质一般为0.5～1.0%，含氮0.05%，速效磷在10ppm以下，唯钾较丰富，部分土壤含盐碱较多，土体干旱或低洼涝渍，普遍表现为氮素不足，极度缺磷。因此，增施磷肥、氮磷配合，十分重要。据中国农业科学院土肥所山东陵禹试区研究，氮磷施用量对小麦产量高低相关性很好，每生产50公斤小麦，需要耕层土壤养分加肥料养分平均值N＝2.9公斤、P_2O_5＝1.83公斤。在土壤地力较差，小麦亩产100～125公斤的情况下，其最佳施肥量N＝13.5公斤，P_2O_5＝11公斤，小麦亩产可达362公斤；施N10公斤、$P_2O_5$11公斤，亩产可达335公斤，每公斤养分可增产小麦11公斤。在土壤肥力较高，不施肥亩产可达275公斤的麦田，最佳施肥量N为7.5公斤／亩，

$P_2O_5$14公斤/亩，即薄地的N：P＝1：0.8，中上肥地N：P＝1：1.5～1.8为宜。中国农科院作物所青县旱地农业增产技术研究（1983～1985）和夏秋粮的均衡增产研究一致表明：在旱薄盐碱地上，增施磷肥，氮磷配合的增产效果十分显著，NP比例以1：0.8～1.0为宜。

（2）氮磷化肥底施，开沟集中施肥　在中低产麦区，一般地薄肥少。在施用有机肥的基础上，配合一定量的氮磷化肥作底肥，既可以满足苗期对速效养分的需要，还有利于中后期小麦的稳健生长，一般每公斤碳铵加过磷酸钙可增产小麦2～2.5公斤。尤其在旱薄地、盐碱地上，应增施磷肥，氮磷肥配合，全肥底施，具有促根壮苗，抗旱、抗盐、早熟、增蘖增穗的作用。据中国农科院灌溉所商丘试验站1984年研究证明，在同一施肥量的情况下以底施增产效果最好，其次是返青肥，全肥底施显著使冬前分蘖多，分蘖大、成穗数多（表10-3）。

表10-3　施肥时期对产量的影响

施肥时期	亩产（公斤）	增产（%）	穗数(万／亩)	穗粒数	千粒重（克）
底　施	364.3	40.6	35.2	30	41.1
冬　前	304.35	9.4	27.2	32	41.3
返　青	362.3	30.2	32.3	28	42.0
拔　节	313.05	12.5	24.5	32	43.2
不　施	278.25	0	25.0	31	40.1

开沟集中施肥是我国传统的施肥方法。在施肥少，肥料种类以碳铵和过磷酸钙为主的情况下，实行开沟集中施肥能有效防止磷素被土壤固定和防止氮素损失，是提高肥效的好方法。当季均能收到显著增产效果。按中国农科院作物所主持的全国沟播集中施肥联合试验结果证明，沟播集中施肥具有抗旱、抗寒，防盐碱害，保全苗，育壮苗，增肥效，增产量的显著效果。据河北沧州地区试验，在轻盐碱地沟播集中施肥增产30%以上，在较重盐碱地上增产幅度超过60～100%。

"沟播集中施肥"技术适合在旱薄、盐碱、坡地等中低产麦田上应用，具有显著的抗逆稳定增产、增收的作用。是北方冬麦区，黄淮冬麦区以及新疆、辽宁等地的中低产麦田的一项经济有效的抗逆稳产、增产的技术措施。

"沟播集中施肥"技术要点是：①开沟、播种、集中施肥、镇压一条龙作业，以免跑墒和误农时。②要实行侧深位集中施肥，采用氮、磷化肥配合。施肥行与种子行要分开，施肥要比种子处深2～4厘米，以防烧种死苗，作到近根施肥。③深沟浅盖土，即沟深4～5厘米，埂高8～10厘米，种子播深3～4厘米。并且要做到沟、种、肥深浅一致，种子、肥料要量准量匀，覆盖良好，镇压确实。

沟播集中施肥技术的应用要因地制宜，灵活运用。在以防止小麦冻害为主的土地上沟向不应和风向一致，以免土埂起不到防风屏障作用；在盐碱地上沟要适当深些，有利降低沟内含盐量；在干旱地上应将表层干土壅到埂上，种子播在湿土里；在防倒伏的麦田上开沟不应过深，以便于培土为宜；在套种的麦田上，应根据套种的作物确定沟的大小。在坡地上，沟向不应与地面坡降垂直，便于浇水、节水、防止土壤冲刷。

中国农科院作物所与陕西农机所共同研制的2BFG-（S）小麦沟播集中施肥机，是

一种性能良好，轻便灵活，能满足沟播集中施肥各项农艺要求的配套机具。已通过部级鉴定。在陕西渭北旱塬和山西晋东南旱地麦田应用，效果良好。2BFG-（S）型小麦沟播集中施肥机与12～15马力的小四轮拖拉机配套，机动灵活，大小麦田均可使用。每小时可播小麦5～6亩。同时具有以下优点：①实现开沟、集中施肥、播种、镇压四道工序一次完成的复式作业，减少作业次数，防止分解作业跑墒，怠误农时。②采用侧深位施肥，将氮磷化肥集中施入沟内两行种子之间，施肥行深于种子行2～4厘米，既可使种子与肥料分开，避免烧苗，又可实现近根集中施肥，提高肥效。播种与施肥量均可调整，有效地解决了机施粉状化肥的难题。③一机开三沟，沟深4厘米，沟距37厘米，每沟播2行小麦，1行肥料，播种3厘米深，窄行距10厘米，平均行距20厘米。④播种、施肥量准而均匀。下种断条率在0.2%以下，各行下种量变异系数小于1%，各行施肥量差异在3～6%。适于推广应用。

在机播或密耧播的麦地上，采用集中施浅层肥带种肥播种法。即将有机肥和化肥（碳铵50公斤）或硫铵25～30公斤和过磷酸钙50公斤或磷二铵25～30公斤结合浅耕耙耘入土，再随播种施用5公斤硫铵或复合肥作种肥。

以上化肥用量因条件而定，用量大的应采用有机肥底施，氮磷化肥开沟集中施，用量少的则全部开沟集中施用，用量更少的应作种肥施用。

（3）增施种肥　种肥是播种时施于种子附近或与种子混播的施肥法，具有满足幼苗营养临界期对养分的需要和培育壮苗的作用。种肥的肥效决定于施肥水平、土壤、气候条件以及栽培技术等因素。由于种肥离种子较近，对肥料种类用量要求严格，若施用不当易引起烧种和死苗。

种肥的有效施用条件：在施肥水平低，基肥不足而有机肥质量差，或土壤瘠薄和麦田苗期低温、潮湿、养分转化慢、幼苗根系吸吸力弱，易发生“僵苗”的麦田；或在盐碱地上，施种肥效果十分显著。

种肥的种类和用量　种肥应选用易被幼苗吸收，酸碱适度，对种子无毒害的速效性肥料。氮肥中以硫铵较好；也可用尿素碳铵和硝铵，但不宜直接接触种子。磷肥中的过磷酸钙为好，有条件的地方可用氮磷复合肥作种肥好。在中低产麦区，种肥应以磷肥为主，配合适量的氮肥。一般硫铵8～10斤／亩或尿素3～5斤／亩，过磷酸钙20斤／亩。施用方法最好是采用施肥播种机进行一条龙作业。在耧播的情况下，应先播肥后播种，集中条施。

五、适时播种，提高播种质量

适时播种，不仅是全苗壮苗的关键，还有利于小麦健壮生长发育，培养壮杆大穗，达到正常成熟。是提高单产和大面积均衡增产的重要措施。

1.确定适宜播种期

小麦的播期，主要根据当地的气候条件、品种特性和土壤等因素决定，还要考虑到冬前形成壮苗需要的温度条件和安全生育期，其中气温是决定播种的主要因素。根据实践经验，冬性品种播种适期温度为平均气温16～18°C；弱冬性品种约为14～16°C；春性品种约为12～14°C。从各麦区来看，北方冬麦区的适播期是9月中旬到10月上旬；黄淮平原冬麦区，在9月下旬到10月中旬。旱地薄地适宜播种期范围较窄，播种则早晚对产量影响很大，延迟播种则易减产。同时旱、薄地肥力差，蓄墒少，只有适期早播，才能充

分利用土墒，争取冬前积温保全苗、促壮苗。所以，旱，薄地播种期应相应提前5～7天。冬性品种日均温18～20°C时可以开始播种。

安排播种顺序时，要根据肥、水、土等条件，先播旱薄地、岗地、阴坡地、盐碱地，后播肥水地、阳坡地。力争把全部小麦种在适期，消灭和减少晚茬麦，以利全面增产。

从苗情指标来看，北方冬麦区的冬性品种，一般应争取越冬前单株茎数达到3～5个以上，次生根5～7条；弱冬性品种单株茎数3个左右，次生根3～5条为宜；旱薄地冬前单株茎数2～3个，次生根2～3条为宜。晚茬麦应带蘖越冬，以利壮苗增产。

从播种期与积温的关系来看，一般在土壤条件适宜时，从播种到种子萌发约需50°C积温，以后胚芽鞘每伸长1厘米，约需10°C积温。如以胚芽鞘出土2厘米作为出苗标志，播种深3～5厘米时，则从播种到出苗，约需100～120°C积温。二者之间的关系可根据下式表示：

积温 $\Sigma t^{0}=50+10n+20$（n为播深厘米数，20为芽鞘出土2厘米所需温度）

2.提高播种质量

（1）播量适宜　根据合理密植的原则，“以田定产、以产定穗、以穗定苗、以苗定籽”来确定适宜的播种量。计算播种量的公式如下：

$$\text{基本苗(万/亩)}=\text{适宜总茎数指标(万/亩)}\div\text{预期单株茎数(个)}$$

$$\text{每亩播种量(斤)}=\frac{\text{基本苗(万/亩)}\times\text{千粒重(克)}\times0.02\text{(克换算成斤的系数)}}{\text{发芽率}\times\text{田间出苗率}}$$

（2）播种方式　目前一般采用条播方式。若地力差，晚播麦宜采用窄行条播，行距5～6寸（15厘米）；若地力较肥，适时播种时，采用大小行距条播，便于中耕除草和追肥。在旱地麦区，可实行宽幅条播，有的地方用耠沟播种顺沟施底肥，然后宽幅撒种；也有的地方采用重耧播种，既加宽播幅，又下种均匀，减少缺苗断垄，具有一定增产效果。

在旱、薄地和盐碱地上，应推行“沟播集中施肥”法。

（3）播种质量　应达到“播深适宜，量准均匀，行距一致，不重不漏，覆盖良好，镇压确实”的要求。尤其播种深度适宜，是争取苗早、苗全、苗壮的一个重要措施。播深应从防寒、防旱和促早苗、壮苗两方面考虑。总的原则是，防止地中茎过长、避免分蘖节过浅。一般要求分蘖节距地面2～3厘米为宜。寒冷、干旱地区宜稍深一些。冬性品种分蘖节比春性品种深，所以冬性品种较春性种可适当深播。土质肥沃、透气性好的可适当深播，反之要浅些；沙土、墒情差的麦田可深些，粘土、盐碱地、冷浆土可浅些；早茬麦、大粒种子可深些，晚茬麦，小粒种应浅些。黄淮海平原麦区，多为冬性或弱冬性品种，播种深度以3～5厘米（约2～3指深）较适宜。为了培育壮苗和防寒、防旱、均不宜播种过浅。根据土壤条件，于播种前后进行适时镇压，深耠浅盖，镇压麦沟，冬季盖土则更为有利。

选种播种前要对种子进行选种、选择大粒种子，淘汰病虫害种子和破、小籽粒。

晒种晒种可促使种子后熟，改变种皮透性，提高种子生活力和发芽势，使出苗快而整齐。一般晒2～3天即可。

药剂拌种为防止地下害虫和黑穗病，应进行药剂拌种，一般应用辛硫磷和拌种霜等药剂拌种。

六、合理密植

合理密植的主要标志是：个体健壮，群体合理。即要有适宜的基本苗数、总茎数、叶面积指数以及协调的产量构成因素等。只有使个体与群体、营养器官与结实器官的生长互相协调，才能充分有效地利用地力、提高光合生产力，达到穗足穗大，粒多粒饱，夺取高产。

1.合理密植的原则

合理密植，主要包括三个方面：一是确定合理的基本苗；二是因地制宜采用适宜的播种方式；三是各生育期具有合理的群体结构。穗数是产量构成的基础因素，基本苗又是成穗数的基础。因此，因地制宜确定适宜的播种方式与基本的苗数，是合理密植的关键。

根据地力、品种、播期和栽培条件，在播种后按苗情发展，合理运用促控措施，使群体按计划的指标发展，并在足穗的基础上力争穗重，是合理密植的基本原则。

（1）根据地力和生产条件的变化调整密度　播种密度（播量、基本苗）和地力水平有密切关系。土壤肥力差的山岭坡地、旱地，主要是肥力不足。在生产条件未改善之前，播种密度相对要稀些，才有利于植株在全生育期的正常生长，获得与条件相应的产量。不能盲目加大播量，在低产向中产水平发展阶段，随肥水条件改善，应适当增加密度，达到增苗、增穗、增产的效果，由中产向高产阶段发展。因穗数已达到一定高限，所以在土质肥沃，肥水充足的高产阶段，应适当降低密度，培育壮苗，协调群体，利用分蘖成穗夺取高产。

（2）根据品种特性和播种期调整密度　一般是：适期偏早播种的冬性品种，在肥水充足时基本苗应适当低一些；春性品种，营养生长期短，单株分蘖少，以主茎成穗为主，基本苗应多；弱冬性品种介于二者之间。晚播麦应加大密度。从品种类型来说，大叶型或分蘖力强、成穗率高的品种，基本苗应少，小叶型品种或分蘖成穗率低的品种，应密一些。

（3）根据耕作制度确定适宜播种方式　从全年增产的角度出发，根据耕作制度、间套复种的要求，确定适宜的种植方式。一般是：如地肥，播种早，一般播量较低，个体发育好，可适当加宽行距，或采用宽窄行（大小垄）种植；在旱薄地或晚播麦，应适当加大播种量，应采取窄行条播或宽幅条播。

2.合理密植的途径

黄淮海平原中低产麦区，目前在种植密度上存在三种情况：

（1）密度偏高　当干旱缺苗，冻害重，个体发育不良，蘖少穗少时盲目加大播种量，亩播量在17.5～20公斤以上。造成小麦密度过大，长成蝇头小穗而减产。

（2）行稀粒密　凡采用畜力耧播的麦地，行距大，行内下籽密，行间漏光；垄内麦苗拥挤，局部密度大，单株营养面积小，叶片交叉重叠，株间互相遮荫，降低了光能利用率和光合效率，造成个体发育差，穗少，粒少，粒小而减产。

（3）播种量低　植株个体数量少，生长也不好，蘖少、叶少，产量低。

前两种情况，既有小麦生长发育与土、肥、水生产条件的矛盾，又有个体与群体的矛盾，两类矛盾相互交叉，使个体发育与养分供应矛盾更加恶化，造成大量的无效穗和

无效株。后者主要是个体与土、肥、水的矛盾。

据中国农业科学院作物所在河北青县王维屯乡基点调查研究，该村属旱薄、盐碱低产地。67.1%的麦田单产在150公斤以下，平均129.5公斤。平均每亩株数31.6万，穗数34.9万，每穗粒数13.4粒，千粒重27.7克。属于播量过大的不合理密植状态。在产量构成因素中穗粒变化大。经回归分析（表10-4）。

表10-4 小麦产量构成因案的回归分析结果（1985年）

栽培水平	平均水平	低肥水平	中肥水平	较高肥水平
复相关系数	R=0.923**	R=0.892**	R=0.879**	R=0.827**
回归方程	$Y=-210.407+3.298X_1+8.318X_2+4.151X_3$	$Y=-149.501+2.014X_1+5.498X_2+4.237X_3$	$Y=-180.595+2.945X_1+8.831X_2+3.075X_3$	$Y=-213.150+3.448X_1+7.757X_2+4.808X_3$
显著性检验	F=289.69**	F=54.25**	F=70.34**	F=28.18**

（*）X_1为穗数，X_2为粒数，X_3为千粒重，y为亩产量

结果表明，三要素对产量结构的影响程度是：穗粒数＞亩穗数＞千粒重，在不同肥力水平下，虽然回归分析有所变化，但趋势是一致的。从苗、穗、粒三者的关系来看，基本苗过大，所以单株穗数，每穗粒数呈极显著负相关，基本苗与产量的关系呈典型二次抛物线变化，相关系数R＝0.864**，用Holliday曲线拟合的产量预测多项式方程为：$y=12.34x-0.22x^2-2.42$，

每穗粒数与基本苗的回归方程为：

A（粒数）$=24.68-0.321x$

单株穗数与基本苗的回归方程为：

B（单株穗数）$=1.706-0.017x$

由以上推算出每亩穗数与基本苗的预测方程$B=1.706x-0.017x^2$，应用这个模式，计算出最高亩产量的基本苗为27万。

又据河北黑龙港区夏秋粮食均衡增产研究指出：在中低产麦田，亩穗数在产量构成三因子中对产量的影响最大，粒数次之。亩穗数对每穗粒数的制约作用极显著，而穗数、粒数对千粒重均未表现出制约作用。中低麦田产量低的原因是群体小穗数少，而中产在250公斤／亩以上的或密度大的麦田产量不稳主要是穗粒重低，千粒重变幅大所致。中低产麦田，品种不同对肥水条件的反应特性不一致，变异的主导性状是亩穗数的变化。

综上所述，在中低产麦田，由于肥水条件的限制，一般植株矮瘦，分蘖少，成穗率低，粒少粒小。在一定的范围内产量与亩穗数呈显著正相关，同时每穗粒数也起重要作用。所以中低产麦田提高亩穗数，兼顾穗粒数是增产的重要途径。对于高产麦田提高穗粒重与适宜穗数相结合是增产的重要途径。小麦由低产变中产的过程中，首先要解决土、肥、水等生产条件与小麦生长发育的矛盾。根据地力、品种、播期和栽培措施，确定适宜的基本苗和播种方式，达到合理密植。而提高整地播种质量，保全苗，培育壮苗，增加穗数，在足够穗数的基础上提高穗粒数是栽培技术体系中的重要环节。

根据各地经验，在一般地力条件下，适期秋播的水浇地小麦，基本苗在25万左右；

中上等肥力条件的在20万左右；旱地20～22万；高产田以15万左右为宜。

七、推行地膜覆盖栽培

地膜覆盖栽培，国内外已广泛地在各种作物上应用，收到了早熟、抗灾、增产、增值的显著效果。近年来，山西、河北、山东、河南等省开始在小麦栽培上应用。中国农业科学院作物所进行了“小麦地膜覆盖栽培技术研究”，并在基点示范应用，证明小麦地膜覆盖栽培是黄淮海平原中低产地区一项有效的增产新技术。

1.小麦地膜覆盖栽培的效益

其他作物进行地膜覆盖栽培，作物植株是在膜外生长，环境条件变化通过根系代谢来影响其生长发育的，作物地上部分所处的环境条件除光照和空气湿度与露地栽培略有不同外，基本没有大的改变。小麦地膜覆盖栽培，其植株是在膜内生长，一生要经历盖膜前的露地生长期——盖膜后膜内生长期——揭膜后的膜外生长期等三个阶段。在盖膜期内，由于温室效应，有效地改善、稳定和控制了小麦生育环境中的热量、水分和养分的组合，这些因素的变化直接作用小麦的生长发育和生理代谢，促进小麦的生长发育，为增产打下了良好的基础。

（1）小麦地膜覆盖栽培能使小麦早熟增产、抗逆、增值、增产　在旱作条件下，盖膜麦较露地麦增产21.7～29.5%。晚麦盖膜栽培的增产效应更显著，较露地晚麦增产1.25～1.5倍。增产的原因是有效穗数和穗重显著提高。

早熟　盖膜小麦以绿体越冬，不停止生长发育，生育进程提前。以北京地区为例，无论是适播或晚播麦，经盖膜后，于6月5～10日达到腊熟末期，比旱作露地麦早熟8～10天，比水浇露地麦早熟12～14天。且成熟良好。

抗逆　据1985～1986年试验示范结果，盖膜小麦无一发生冻害，苗全苗壮，适期播种的露地麦越冬死株和死蘖率分别为9.6%和5.96%。晚播露地麦的死株、死蘖率高达50%以上。麦蚜和白粉病是小麦生育后期的主要病虫害。蚜虫从5月中开始至5月底达到高峰，白粉病一般5月底开始蔓延危害，6月上中旬气候高温干燥，常有干热风，加速了地上部叶片枯死，使籽粒灌浆受阻，影响粒重，这是“穗数好抓，穗重难上”的重要原因。由于盖膜麦于5月底灌浆结束，6月上旬腊熟期，避开了病虫和干热风的危害，对增粒增重十分有利。

增值　在中低产地区，旱作晚麦盖膜栽培能增产1.25～1.5倍，每亩纯经济效益15～20元。地膜二次利用率可达60%以上。实行一膜两用，还可盖一亩棉花或瓜菜地。两季作物增产的纯经济效益可达70～100元。所以在中低产麦区具有广阔的前景。

（2）地膜覆盖栽培能改善热量、水分、养分等生育条件　地膜具有透光、隔热、保水和不透气的性能。膜与地面之间形成一个“温室”，麦苗在“温室”环境中生长，从而改善了小麦生育的条件。

蓄热增温、平抑温度变化　两年研究结果表明盖膜不仅能有效提高温度，而且具有平抑温度变化的“稳温效应”。

保墒防旱　盖膜改变了土壤水分的运动规律，切断了土壤与大气的水分交流通道，形成近似封闭式的水分循环系统。并由于膜内温度高，蒸腾作用强，形成水分上升现象。据对0～20厘米土层含水量（%）测定，盖膜能有效地防止土壤水分散失，保墒防旱。

（3）盖膜栽培能改变小麦生育规律，促进小麦生长发育　盖膜栽培的小麦，具有生长发育快，营养生长期长，二棱分化期长，籽粒灌浆期长、成熟早等特点。盖膜小麦与露地小麦相比较，全生育期的实际生长日期多90～95天，其中营养生长期多80天，幼穗分化的二棱分化，小花分化期多10天，灌浆期多3～5天。盖膜麦发育早，从起身到开花的各阶段较露地麦均早10天左右，成熟早8～10天。

盖膜麦根系发达，次生根多。冬季根系随分蘖增多而迅速生长，3月初和成熟期测定，单株次生根数分别较露地麦多7.4和11.3条。但根系分布较浅，67～70%根系集中在0～15厘米土层中。

盖膜栽培改变了小麦的分蘖规律，分蘖只有一个高峰，分蘖停止早（北京地区在3月初），分蘖数多，成穗率高，露地麦有冬前分蘖和春生分蘖两个高峰，于4月初开始两极分化。

盖膜能促进小麦同化器官的生长，增加干物质积累。从12月封冻至翌年3月初返青前，露地麦叶干枯，光合势为零，而盖膜麦单株绿叶面积平均为146.5平方厘米，叶面积系数3.29，总光合势为503.7m^2／日·亩。不仅在越冬低温期能进行光合作用，而且揭膜后单株和群体光合强度均比露地高，增强了物质积累，这种优势一直维持到成熟。

以上是盖膜栽培的有利方面。但膜内二氧化碳浓度降低，高温多湿肥效猛，后劲不足，若密度大，施氮多，揭膜晚，麦苗易徒长。揭膜后环境条件急剧变化，易缺水肥，导致麦苗早衰。必须因势利导，采取针对性措施，方能提高地膜覆盖小麦的增产效应。

2.小麦地膜覆盖栽培要点

（1）品种与密度　应选用分蘖力较强，幼茎匍匐的大穗型品种。适期播种，肥水充足的麦田，基本苗每亩8～10万株，肥力中等的麦田，基本苗每亩12～15万株，旱薄地和晚麦地基本苗每亩应以18～20万株为宜。

（2）施肥比例和方法　由于盖膜后，土壤肥料分解快，肥效猛，后劲差，故必须增施有机肥料。较常用量增加0.5～1.0倍，播前浅施氮磷化肥，基肥种肥比例为5：1，氮磷比为1：1。旱地（无水浇条件的）应实行“全肥底施”。有水浇条件的麦田，应调整基追肥比例，以1：0.5～1.0为宜。提高揭膜后的追肥量，增施二氧化碳肥料，即每亩用2.5～3公斤NH_4HCO_3，加湿土25～30公斤，均匀撒入麦行中。全期可分两次施用。第一次在盖膜时施，随施随盖。第二次于揭膜时施用。肥水好的麦田，可在盖膜前或揭膜后喷洒矮壮素，调控小麦生长。

（3）提高盖膜质量，适时盖膜揭膜　提高盖膜质量是能否发挥地膜覆盖“温室效应”的关键，整地要达到地平、土碎、墒足、上虚下实、无残茬坷垃的要求。盖膜必须达到“紧、平、严”三项标准。即将薄膜展开拉紧，铺平盖严，使膜紧贴地面，四周压严实。要经常检查维护，破损处及时用土封好。

适时盖膜的温度指标是日平均温度3°C左右，土壤日化夜冻，麦苗基本停止生长，叶片无冻害时为宜，弱苗宜早，壮苗可晚，早、晚麦应播后就盖，以促晚麦赶早麦。

适时揭膜，当春季日均温稳定在3～5°C以上，即露地麦春一叶露尖，膜内麦苗起身前揭膜最适宜。

（4）加强揭膜后的管理　由于盖膜麦生长发育快，生育进程提前，故管理应早。管理目标是“控徒长、防早衰，巩固分蘖，增穗增重”。因地因苗，合理促控。

肥力好，苗势旺的麦田，揭膜后以松土控苗为主，于旗叶露尖前后才追肥浇水，攻穗攻粒。旱薄晚麦可稍晚揭膜（起身期），抓好旗叶肥水。

八、加强田间管理，合理促控

小麦生长发育过程，可划分为幼苗(前期)、器官建成(中期)和籽粒形成（后期）三个阶段。前阶段是后阶段的基础，后阶段是前阶段的发展，各阶段是紧密联系的。前期抓不好，高产无基础；中期抓不好，产量骨架搭不牢；后期抓不好，不能保稳产。因此田间管理，必须环环扣紧，合理促控，方能丰产。

1.苗期田间管理

生育特点和主攻目标苗期管理，是指从出苗到起身期（拔节始期）。冬小麦又可分为越冬前和返青后两个阶段。在幼苗阶段，主要生长根、叶、蘖等营养器官，是为中后期健壮生长奠定基础的时期，也是决定穗数和每穗小穗数的关键时期。

这一阶段的主攻目标是：在全苗、匀苗的基础上，越冬前要促根、增蘖（指大蘖达到成穗数要求），育壮苗，早春返青后要促早发、保稳长（保住大蘖、抑制无效分蘖）、争足穗。

提高分蘖成穗率的关键，首先是培育壮苗，促分蘖早发快长；其次是在大蘖达到成穗数要求以后，抑制无效分蘖；第三是在分蘖两极分化时期促大蘖成穗。冬小麦要着重抓好冬前大蘖够数。

壮苗的标准：壮苗标准因地区、品种、水旱条件、播期和密度等有所不同。具体标准有三点：

①个体健壮，群体合理。根据不同地区的要求，小麦单株必须具有一定数量的健壮分蘖，就群体而言，每亩还要有适当的总茎数和叶面积指数。根据已有资料分析，越冬前的总茎数，相当于成穗数的1.5倍；北方旱地冬小麦相当成穗2倍左右为宜。不论冬、春麦区最高茎蘖数相当于成穗数的2倍左右为宜。冬前叶面积指数应达到0.8～1.0左右。

②根系、叶片和早期分蘖应按期生出，如三叶一心叶，一般应有一个分蘖（不包括芽鞘蘖）和1～2条次生根。其后在有效分蘖期内各级分蘖和根系均应按同伸器官规律出生，低位蘖不缺位。

③叶宽厚、长短适中，叶色葱绿，分蘖茁壮，根多根深、洁白粗壮。各器官在同伸规律生长的基础上，达到“少壮老健”指标。冬前壮苗标准可归纳为“三大二小五个蘖，10条根7片叶，麦叶宽短颜色深，匍匐地面不起身”。

培育壮苗的关键措施　根据地力、墒情、播期和不同苗情，判断麦苗的发展趋势，及时采取适当的管理措施。旱、薄、盐碱地的苗期管理为：

（1）越冬前管理　重点是保全苗，促早发，及时进行中耕、松土，保墒防旱，越冬前细锄、培土、镇压，以保苗安全越冬。

在有浇水条件的麦田，适时浇好冻水是冬小麦在越冬和早春期防冻、防旱的关键措施。浇冻水的要求是，保证麦田达到相当于田间最大持水量的80％以上的足墒越冬。浇冻水要掌握看天、看地、看苗、看水的“四看”原则。

看天　即根据常年平均气温和本年天气预报，在土壤“夜冻日消”，气温稳定在3～4°C时浇冻水，严防因浇水过迟，地面结冰，造成窒息和机械损伤死苗或浇水过早，

表土干旱，易遭冻害。

看地　即根据墒情、土质确定浇水顺序。土壤含水量相当田间最大持水量的80％以上时，低洼渍地可不浇冻水。低洼粘土地浇水宜早，保水性差的和底墒不足的土地宜早浇冻水。

看苗　早苗壮苗先浇；晚苗弱苗后浇，可防止因地温下降，影响冬前发苗。浇冻水后，要适时锄地，松土保墒和越冬压苗。

（2）返青期管理　重点是松土透气，增温保墒。对于冬前生长较差的晚弱苗和群体过小的麦田，若墒好、肥足，则应早中耕、勤中耕、浅松土，推迟到起身前再追肥浇水；若墒好、肥缺、苗弱，则应在早春深追肥松土，不浇水，以利发苗；若墒肥均缺，特别是分蘖节处土壤过干的，在底墒足的麦田可压苗提墒，一般都应早追肥浇水。盐碱地灌水要采取松土破碱，浇大水压盐，水后适时中耕松土，采取“头水缓、二水赶”的办法。

（3）适时压苗、盖土　在北方和黄淮平原冬麦区于分蘖期和越冬期，结合耙耱、镇压，适时压苗盖土，有提墒促根、增蘖、防寒、保墒的作用。尤其是旱地小麦镇压结合耙耱，对提墒保墒，促进幼苗生长作用更好。凡表土干、坷垃多，表土有冻裂的应镇压、耙耱。但土壤过湿的低洼盐碱地，播种过深的和麦苗过弱的，一般不宜镇压。

对于易遭冻害麦区，在小麦进入越冬期，地上部基本停止生长以后，采取细锄、盖土可减轻冻害，起保墒、促苗返青早发的作用。盖土时间一般以日均温稳定到0°C时进行为宜，不能过早过晚。同时盖土要厚度适宜。小麦冻害主要发生在分蘖节处，故分蘖节距地面深浅是盖土厚度的依据。一般盖土后，分蘖深度为3～4厘米为宜。冬前无分蘖的晚、弱苗和冬性偏弱的品种，返青时要结合松土及时清垄。

2.中期器官建成阶段的田间管理

生育特点和主攻目标中期管理，指从起身期到开花期的管理。中期是根、茎、叶等营养器官和小穗、小花等结实器官的生长和建成期，经历拔节、孕穗、抽穗、开花等几个阶段。小麦生长出全部茎生叶和节间，结实器官从分化小穗起，经过分化小花和雌雄蕊，完成穗分化的全部过程。中期开始时，一般不再出现分蘖，进入分蘖两极分化时期，中期结束时，群体穗数大体固定。其中幼穗分化的伸长期至护颖分化期，是决定每穗小穗数、亩穗数和成穗率的关键时期；幼穗分化进入雌雄蕊分化期和药隔期，是决定小花数目的时期；从药隔期到开花期是防止小花退化，提高穗粒数的关键时期。

中期管理的主攻目标，是在前期管理的基础上，根据苗情合理运筹肥水，协调地上部和地下部、个体和群体、营养器官和结实器官的生长发育，提高分蘖成穗率和光合生产率，增加每穗粒数，并为提高穗重打好基础。

小麦器官同伸关系与肥水效应

（1）同伸器官与穗分化的对应关系　小麦营养器官的生长是按顺序进行的，茎杆上同一节位出现的器官生长是叶——叶鞘——节间——蘖芽和次生根。而同伸器官是指不同节位上的器官同时伸长。如第一节间第二节上着生叶的叶鞘和第三节上的叶片是同时伸长的，故称为同伸器官。因此，根据不同叶位的出现情况，可以推断出节间和叶鞘的伸长部位。据“小麦叶龄指标促控法”研究，小麦同伸器官与穗分化的对应关系如表10-5所示。从各小麦区来看，叶位与幼穗分化进程的对应关系是极为密切的，特别是在拔节以后各生育期，叶位与幼穗分化的对应关系，有较明显的共同规律。当主茎叶龄余数

为3时，幼穗分化一定是“二棱末至护颖分化期”、麦苗起身（生理拔节期），叶龄余数与幼穗分化进程的对应关系是稳定的，无论什么地方，什么时期播种和不同类型品种，都是如此，故以“叶龄”作为准确反映小麦生长发育进程的外部形态指标和管理运筹肥水的指标，既具体明确，又简便可行。

（2）器官发育与肥水效应　了解小麦器官的同伸规律与穗分化的对应关系，根据叶龄运用肥水，可以推断出受促进的器官。一般肥、水效应规律是：如以追肥浇水当时出现的心叶叶位（用n代表）为准，则受影响最大的叶片为n＋2位叶，次为n＋3及n＋1

表10-5　小麦“叶龄余数”与穗分化及器官同伸关系

生育期		苗期			起身期（拔节始期）	拔节期			挑旗期	抽穗期
穗分化		伸长期	单棱期	二棱初期	二棱末至护颖分化	小花分化	雌雄蕊原基分化	药隔期	四分子期	花粉粒形成
叶龄余数	范围	6～5.8	5.8～5	4.8～4	3.8～3	3.5～2.8	2.2～1.5	1.5～0.8	0	
	平均	5.93	5.27	4.37	3.43	2.97	1.87	0.87	0	
与上相当主茎露尖叶龄		N-6	N-5	N-4	N-3	N-2	N-1	N	N展开	
与上相当春生叶位（显伸叶）		越冬心叶伸长	春生一叶露尖前后	春生二叶露尖前后	春生三叶露尖前后	春生四叶露尖前后	春生五叶露尖前后	旗叶露尖前后	旗叶展开	
叶位	待伸叶	3	4	5	6					
	始伸叶	2	3	4	5	6				
	速伸叶	1	2	3	4	5	6			
	定型叶			1	2	3	4	5	6	
节位	待伸节			1	2	3	4	5		
	始伸节				1	2	3	4	5	
	速伸节					1	2	3	4	5
	显伸节						1	2	3	4
	定型节							1	2	3

注：N代表全生育期主茎叶片总数或春生叶片总数。叶龄余数按旗叶展开时叶片总数计算。叶位指春生叶位（北京地区一般6片）。始伸叶、节长度的解剖观察约0.2～0.5厘米长；速伸叶、节长度约相当于定型叶、节长度的30％；显伸叶、节长度约相当于定型叶、节长度的60～70％。节位指伸长节，叶片露尖前后共一个叶龄范围。

位叶；受影响最大的节间为n－2位节间，次为n－1及n－3位节等。幼穗受促进的部位，为肥水当时的幼穗分化阶段，及其后一、二期对各器官的影响大小，因肥、水量而异。其规律大体如下：

茎生一叶出现及以前促进，主要增加分蘖，提高分蘖成穗数，小穗数也增加，但中部叶片较大，底节较长。

茎生二、三叶露尖时促进，一般基部1、2、3节较长，植株高，上部叶片大，小花数略增，高杆品种或群体较大时，极易倒伏。

茎生四、五叶露尖至伸长期促进，则一般茎部节间较短，穗下节间较长，对各层叶

片影响很小，上部叶片功能期长，麦脚利落，通风透光好，小穗、小花退化少，穗大粒多，不易倒伏。但群体较小的麦田，成穗数略低。

旗叶展开叶促进，可延长叶片功能期，有保花、增粒、增重的作用。

中期管理关键措施

（1）中、高产麦田的管理　中高产麦田管理要解决以下三个关键问题：

①提高分蘖成穗率，确保穗数。即根据苗情发展，及时运用肥水、中耕、蹲苗等促控措施调整群体，保证不同生育期有适宜的总茎数和叶面积指数，在分蘖两极分化（起身，春3叶露尖）前促进，是提高成穗率的关键。

②壮杆防倒。倒伏主要由群体过大，肥水不当，浇水遇风等引起。防倒的关键是控制群体不能过大，拔节初（叶龄余数为3时）适当控水，使土表干燥，有利于基部节间壮实，增强抗倒能力。

③争取穗大粒多，在一定穗数基础上尽量减少小穗、小花退化（主要是小花），提高粒重，这是高产的关键。小花退化集中发生在幼穗分化的药隔形成至四分体分化期，而旗叶露尖前后，及时抓好倒二叶至旗叶露尖期的肥水，是增粒增重的关键。

由于各地气候、生产条件、品种和苗情不同，肥水管理方法亦不相同。

中高产麦田的两套促控方法。

"大马鞍型法"又称"两促一大控"法，适于高产麦田运用。在施足底肥，蓄足底墒，适时播种,培育壮苗的基础上，冬前分蘖数为要求穗数1.5～2倍时,适时浇的越冬冻水，称冬前促或第一促；返青后及时中耕松土，在能保证适宜成穗数的群体条件下，蹲苗40～50天（叶龄余数为5～1），称一大控；于倒二叶和旗叶露尖（叶龄余数1～0时）前后再追肥浇水，为第二促。以后再适时浇好抽穗、灌浆水。

"双马鞍型法"又称"三促两控法"。适于地力一般，群体小，较难保证足穗的条件下的中产麦田。冬前促与"大马鞍型法"相同，返青后一般只蹲苗20～25天，促早发稳长；于春二叶露尖前浇水追肥，提高分蘖成穗率为第二促；于叶龄余数3～2（即春3、4叶露尖）时再蹲苗20～25天,控节防倒，为第二控。倒二叶至旗叶露尖前后再追肥浇水，攻穗大粒多，为第三促。抽穗后管理与上法相同。

（2）中低产麦田管理　对地力瘠薄，群体过小，苗情较弱的麦田,关键是先促进营养体发育，提高光能利用率，为增穗、增粒打好基础。故应适当早抓分蘖和拨节各期肥水，即在起身前促进的基础上，于春3、4叶时连续促进，不蹲苗，采取前重（重施分蘖肥、起身肥）、后轻（适当补施拔节、孕穗肥）连续促进的管理法，重点抓壮大营养体，增加穗数，兼顾粒重。通过"促蘖增穗、促穗增粒、促粒增重"实现增产，俗话说"弱苗抓三早，早施肥、早浇水，及时中耕保墒好，促进弱苗变壮苗"。但北方冬麦区，早春温度低，应注意"头水晚,即返青水推迟到起身前,当气温稳定在5°C以上时,二水赶，拔节水适当提前"的措施，主攻穗数，争取大穗。

据"青县旱地农业增产技术"课题组研究，在旱薄盐碱地上，采用全肥底施、氮磷配合沟播集中施肥，实行浇关键水，施关键肥是旱薄地小麦增产措施之一。通过调查分析，在一定的条件下，适当的追肥浇水有利于增加穗粒数。在关键时期即附二叶至旗叶露时多浇一次水，每穗增加3.3粒，仅增粒作用使每亩能增产27.5公斤，占一次浇水增产作用的80%以上。每亩增施5公斤氮肥，每穗增加3.03粒，亩产提高25公斤，占肥料

增产作用的60～70%。每亩投入的纯有机质、氮、磷和浇水（起身、孕穗、灌浆）次数的综合增产模式为：

$$Y=22.5+0.41X_1+9.39X_2+6.4X_3+26.4X_4$$

从以上模式中看出，每亩施50公斤有机质（X_1），提高单产41.0公斤；每公斤纯N（X_2），纯P（X_3）分别增产9.4公斤和6.3公斤，每增加一次浇水（X_4），提高产量26.4公斤。在低肥力麦田结合浇水增施氮肥的增产效益高，回归方程为$Y=22.94+14.72N+29.88W$，即每公斤纯N可增产14.72公斤，每次水能增产29.85公斤（W为浇水的次数）。

通过不同施肥和浇水次数对产量作用的量比关系分析，提出在旱薄地上小麦肥水管理数学模式为"以水定产，以产定肥"；"一水＋5公斤氮产量为122.5公斤，二水＋10公斤氮产量为200公斤，三水＋12.5公斤氮产量为250公斤"。稻茬麦和晚茬麦田的管理，应在蓄足底墒浅施肥、浅播种、保全苗的基础上，早施肥返青，勤中耕提温，看苗巧施拔节肥，促进小麦春发，提高分蘖成穗率。有利于幼穗分化，增加粒数和粒重。

（3）北方旱地冬小麦的管理　由于水资源不足，降雨量和雨期不定，追肥肥效不稳定，栽培管理上应采取"前重后稳"法。即结合深耕重施底肥（有机肥和化肥）、种肥，做到粗肥、细肥结合、迟效与速效肥互补，增施磷肥、氮磷平衡，以利于培育壮苗。中期加强中耕松土，使肥效缓慢发挥，满足小麦各生育期的需要。

3.后期籽粒形成期阶段的管理

生育特点和主攻目标　后期管理，是从开花授精到成熟，为形成籽粒产量的阶段。主攻目标是保根、护叶、抗灾、防病虫、争粒重。

（增粒增重的关键措施）小麦抽穗开花后，穗数，小穗数已定型，但小花仍有部分退化。据研究，能够结实的小花数仅占开花时完全花的70～80%，故保花、攻粒对增产十分重要。

决定小麦粒重的主要因素有三：第一是延长上部绿色器官的功能期，防早衰，保持后期根系活力。第二是促进碳水化合物的合成运转，防止因氮素过多而贪青和因氮磷不足而早衰，保证叶色正常和碳水化合物向籽粒转运。第三是抗灾防病虫。

（1）浇好灌浆、麦黄水。后期土壤含水量以相当于田间最大持水量的70～80%为宜。灌浆水的适宜时期和水量，视土壤质地、墒情和苗情而定，于半仁到满仓期浇水为宜。麦黄水是指糊熟期的灌水，一般成熟前10天左右进行较好。

（2）排水降湿防渍害。研究表明小麦孕穗期（约隔至四分子形成期）对水分反应最敏感，称为需水临界期。如雨水过多，光照不足，会显著降低光合效率，引起物质和能量供应不足，造成小穗小花大量退化。特别是生育后期，土壤过湿，根系衰老，窒息早死尤为严重，所以在低洼湿地，应加强排水、防涝、防湿工作。

（3）加强病虫防治。小麦后期，常有锈病、赤霉病、白粉病、蚜虫、粘虫等为害，应根据病虫预报，及时防治。

第十一章　黄淮海平原玉米、粟的生态适应性和栽培技术

黄淮海平原是我国最大的玉米集中产区，80年代常年玉米播种面积在1.0～1.3亿亩，占全国玉米面积的30％以上，总产量占全国的40％以上。

第一节　玉米种植方式及其生态适应性分析

一、自然条件与玉米生产

黄淮海平原属温带半湿润气候，日照充足，热量丰富，雨量充沛。年平均气温10～14°C，无霜期从北向南170～220天，大于0°C的积温4500～5200°C，大于10°C的积温4100～4700°C；全年太阳辐射110～140千卡／平方厘米，日照2400～2800小时；降雨量500～800毫米，从北向南递增，自然条件对玉米生长发育十分有利。黄淮海平原属于河系下游，地下水和地上水均比较丰富，有灌溉条件的玉米面积占50％左右，是我国灌溉玉米比较集中的地区。但该区气温较高，蒸发量大，降雨比较集中（夏季降雨量占全年的70％以上），故经常发生春旱夏涝。据研究，4～5月春旱机率占34％，伏旱机率占31％，夏涝机率占30％，且有风、雹、盐碱等自然灾害，特别是在玉米生长后期降温较快，影响籽粒灌浆和正常成熟。这些又都是玉米生长的不利因素。

建国初期，主要是一年种一季春玉米，或者种一季冬小麦，每年仅收50～100公斤粮食，复种指数为110％。50年代后期，逐步发展为两年三熟制，就是在冬小麦收后平播（也叫复种）一季夏玉米或其他作物，第二年再种一季春玉米，复种指数增加到150％，产量也提高了。但是，由于华北地区春旱夏涝的降雨特点，春玉米在拔节孕穗期正遇上5、6月份的“卡脖旱”。例如北京郊区6月份降雨量61.9毫米，而同期蒸发量达134.5毫米，影响玉米雌穗分化，降低产量。夏玉米幼苗期又会遇上6月底和7月初雨季造成的涝害。因此人们在长期生产实践中，按照自然规律总结出玉米提前套种在麦垄里的经验，70年代逐步发展成为现今以小麦、玉米套种为主、间套复种并存的种植方式。

二、玉米种植方式及其评价

黄淮海平原玉米种植方式主要有四大类；即复种玉米、套种玉米、间种玉米和春玉米清种。其中，套种玉米占玉米总面积的70％以上。

1.复种玉米

50年代以来黄淮海平原地区种植有一定面积，因为不能适应春旱夏涝的降雨特点，加上热量资源不足，故70年代在北部地区逐步为套种玉米取代。80年代随着肥水条件的改善和适应机械作业又略有发展。复种玉米的优点是适于大型机械作业，易于保全苗，田间植株分布均匀，群体营养面积合理；缺点是易遭旱涝低温灾害，稳产性较差，特别

是缺乏早熟高产抗逆性强的玉米良种，发展面积受到限制。根据夏播玉米全生育期所需要的积温，早熟种生育期80～100天，需要≥0°C的积温1900～2300°C；中熟种生育期100～110天，需要积温2300～2700°C；晚熟种生育期110～130天，需要积温2700～2900°C，满足不了这些品种的热量条件，玉米生长不良，特别是生育后期遇到偏低的温度，影响籽粒灌浆，不能正常成熟。根据对黄淮海平原地区热量资源分析，小麦收获后再种玉米，至播种适时小麦为止，从北向南只有90～110天的时间，如果再扣除农耗，复种玉米的积温就更少了。为了确保小麦和玉米高产稳收，复种玉米只有在机械化条件高、水肥条件较好的地区作为一种搭配形式，因地制宜种植，可以获得较高的产量。

2.套种玉米

主要有四种套种方式。

第一种：平播套种。或称三密一稀或四密一稀种植方式，在黄淮海平原南部地区分布最广，面积最大。例如在山东南部、河北石家庄地区以南和河南北部都采用这种方式。其特点是小麦密播，不留套种行或留很窄的套种行（26～33厘米），麦收前3～10天用点播器按要求行距套种玉米。小麦和玉米的密度都与两茬复种相同，而玉米则选用生育期较长一些的中晚熟种。从生物学角度看，这种方式玉米植株分布均匀，营养面积合理，季节和土地利用比较经济，争取农时，且缓和“三夏”农活紧张的矛盾，有利于夺取小麦玉米双高产。平播套种玉米的缺点是操作费工、费时，机械作业有困难，保全苗是栽培管理中的重要环节。

第二种：窄带套种。一般1.5米畦，畦内播种小麦6～8行，占地0.8～1.0米，留埂0.5～0.6米，麦收前一个月左右套种两行中熟或晚熟种玉米，麦收后玉米成为大小行。和两茬复种相比，小麦占地少，但玉米可更换为长生育期品种，每亩保苗3300～3500株。这种方式在无霜期较短的中等肥力地区，可以争取季节，利用热能，在多收小麦的基础上，夺取玉米高产。在河北省北部和京津地区有较大面积发展。

第三种：中带套种。也叫小畦大背套种。畦宽2米，在1.3米畦内机播8～9行小麦，留下0.7米套种行。麦收前30～40天在行间套种两行中晚熟种玉米，麦收后玉米变成宽窄行，每亩留苗3000～3300株，大行距1.6米，小行距0.4米，便于采用机械施肥、中耕和田间管理。大行间还可因地制宜种植豆类、绿肥等作物，使小麦玉米均衡增产，并不误种上适时麦。这种种植方式主要分布在山东烟台、昌潍以及鲁南部分地区。

第四种：宽带套种。畦宽2.6～3.3米，机播14～16行小麦，埂宽0.6～0.8米，麦收前25～35天套种两行中熟种玉米；麦收后在大行间因地制宜地种植玉米、高粱、豆类、薯类和绿肥等作物。用这种播种方式，小麦产量比平播一般减少6～8%，高产麦田可因边行优势而平产或略有增产。玉米分布集中时保苗比较困难，但可将玉米品种更换为中晚熟杂交种，多争取600～800°C左右的积温，确保在种麦前适时收获。第三茬可以用来发展豆类作物和绿肥作物。这种种植方式主要分布在京津郊区和河北的中部、山东的中南部。

3.间种玉米

以玉米大豆间作为主，少部分有与小豆、绿豆间混作的。玉米豆类间种分布地区广，面积大，特别是在低肥水条件下有显著的增产增收和肥地养田的效果。在以玉米为

主的地区，多采用4：2或6：2间种，每亩多收20～40公斤豆类；在以豆类为主的地区，多采用8：8或4：4间种，保证粮豆双丰收，增加经济效益。

4.春玉米清种

即一年一熟的春玉米。50年代种植面积较大，因为不能适应黄淮海平原春旱夏涝的气候特点，加以播种前和收获后尚有40～50天的生长期、400～500°C的积温未能充分利用，种植面积逐渐为小麦玉米两熟制所取代，现今仅在河北省北部和丘陵旱地有一定面积的种植。

三、玉米间套复种生态适应性分析

黄淮海平原农业生产素称“种一季有余，种两季不足”。长期以来，人们把“有余”作为发展种植制度的依据。发展以玉米为主的间套复种种植制度，充分体现了扬长避短，趋利避害，合理利用农业气候资源的优越性。

1.充分利用了本地区丰富的光热资源

人们从事农业生产的实质，就是大范围地通过绿色植物的光合作用，把太阳能转化为人类所需要的粮食。各项农业技术措施和种植制度，也是最大限度地直接或间接地创造利用光能的条件，增加作物有机物质的累积。提高光能利用率有三个途径，即延长光合时间、增加光合面积和提高光合效率。采用小麦套种玉米，小麦收获后玉米迅速生长，茎叶繁茂，充分利用一年中6、7月份最丰富的光热资源，增强光合效率，从而提高产量。据科研单位在河北中部地区测定，麦收后6月20日的复种玉米，其光合势为3900米^2／日，只为5月22日套种玉米光合势（28770米^2／日）的七分之一。小麦玉米两茬复播叶面积系数工作日为257.7（144.5＋113.2）日，三茬套种则为321.3（139.4＋105.3＋77.1）日。如果单从玉米比较，套种玉米光合势为11.2万，复种玉米只有7.0万，相差约四分之一。据河北省农业科学院在河北省南、中、北部调查，从南向北套种玉米比复种玉米要多利用光照156.1～286.6小时，即增加22.4～46.7%。在河北省石家庄地区一年种一季春玉米，光能利用率为0.6%，小麦玉米两茬复种为0.95%，两茬套种为1.05%，而冬小麦、春玉米、夏玉米套种，光能利用率达1.69%。

中国农业科学院作物研究所1980年在北京地区测定，麦收后6月23日的复种玉米，叶面积系数为1.19，套种玉米为2.43，高出104.2%；套种玉米多利用光照300小时。间作套种还改变了田间光能的分布状况，使太阳光从平面用光改变为分层、波状、均匀地立体用光，显著提高玉米光能利用率。植株增高，展叶数多，单株积累的干重增加，有利于提高玉米产量。

北京地区太阳年辐射量为135.1千卡／厘米^2。如以生产上采用的玉米种植方式比较，春播玉米生育期间太阳辐射量为64.5千卡，占全年的47.7%；套种玉米为54.4千卡，占40.2%；而复种玉米只有40.4千卡，占29.9%；受精至成熟期间，以上各种种植方式的太阳辐射量分别为22.13、21.48和16.38千卡。春播玉米受光条件最好，增产潜力最大，套种玉米和小麦共生期20～30天，受光量虽然仅为复种玉米的三分之一，但因幼苗对光照要求量较低，收麦后受光条件又迅速改善，故光能利用最为经济。三者比较，复种玉米光能利用最差。

从理论上讲，采用两茬复种方式，玉米也可以通过增加密度以提高光能利用率，但

从玉米播种、出苗直至叶片布满田间（即叶面积系数等于1），大约需要30～35天左右的时间，大大浪费了本地区最宝贵的光热资源。如果按浪费30天计算，在黄淮海平原每平方厘米土地将损失太阳能700卡，按理论光能转化率6%计，每亩地少生产干物质1200公斤，按经济系数0.33%折算，每亩少收粮食400公斤。如果按当前光能实际转化率1%计，每亩地也要少收40～50公斤玉米籽粒。这就是黄淮海平原大部分地区从两年三熟制发展为一年两熟制小麦套种玉米的重要原因之一。

2.充分利用生长季节，合理利用热量资源，调剂农活，争取农时

黄淮海平原地区由北向南从麦收到种麦一般只有90～110天的时间，南部地区大于10°C的积温2700～3200°C，北部地区为2300～2400°C，若再除去夏收夏种5～10天的农耗积温300～500°C，对复种玉米来说时间十分紧张。玉米套种在麦垄里，把播种期提前20～30天，不仅没有农耗，缓和了“三夏”农活，还争取了积温。据调查，套种比复播玉米至少可以增加≥10°C积温409.7～633.7°C，即增加17.2～29.3%，而且，可以把原来的早熟或中早熟夏玉米品种更换为生育期更长、增产潜力更大一些的中熟或中晚熟种。仅此一项，即可增产10～15%的粮食，而且全年积温保证率可达90～97%（表11-1）。

表11-1　北京地区两茬套种所需积温（°C）及保证率（%）

小麦		玉米					小麦	全年积温	
品种	返青至成熟积温	品种	茬口	播种至成熟积温	收麦至成熟积温	农耗积温	播种至停止生长积温	°C	保证率（%）
农大139	1600	中熟种(京单403)	套种	2500	1950	100	550	4200	97
		中晚熟种(京杂6号)	套种	2750	2100	100	550	4350	90

注：京单403玉米以与小麦共生期25天计算；京杂6号以与小麦共生期30天计算。

3.适应了黄淮海平原地区春旱夏涝的降雨规律，增强了玉米和秋粮作物的抗灾力

以北京郊区为例，每三年有一个6月中旬连续阴雨，影响及时播种的年份；每四年有一个6月下旬降雨少于30毫米不能播种的干旱年份；每三年有一个7月上旬降雨量大于200毫米，造成夏玉米涝害的年份；秋季低温影响夏玉米灌浆成熟的年份，也是三年一遇。据山东省农业科学院气象室研究，“芽涝”是山东地区夏玉米减产的重要原因之一。20年来6月中旬出现芽涝的机率平均5%，愈往后机率愈大，7月下旬出现“芽涝”机率增至25%。夏玉米受涝20天，减产一半；受涝40天，颗粒无收。河北省常在7～8月份因暴雨发生涝害，伴随涝害而来的是低温寡照。特别是在玉米生育后期常发生低温、雹灾和大风。低于18°C的低温年份大约5年一遇，中南部地区大风三年一遇；雹灾3～4年一遇，东北部风雹灾害年年都有，影响玉米生长发育，并导致减产。

长期以来，人们按照自然规律，创造了提前20～30天套种玉米的经验。这样，当雨季到来时，套种玉米已有7～8层根，15～16片叶，根强苗壮，需水正多，这就变夏玉米受“芽涝”之害为套种玉米充分利用降雨之利，提早成熟，提高了产量，并避开了秋季低温造成的晚熟瘪粒，还能种上适时小麦。

4.便于利用套种行间种植绿肥作物，使用地与养地协调发展

无论哪种复种指数高的耕作制度，都有高产与肥力的矛盾。作物从土壤中吸取的养分多了，就必须给予补充，除施入有机肥和化肥以外，所选用的种植制度应有利于提高土壤肥力。间作套种种植方式很容易插入一季绿肥作物，肥地养田。例如，中国农业科学院土壤肥料研究所在山东三年试验粮粮肥（苕子）套种，改善土壤理化性状，增加有机质含量，每亩增产粮食13.3%。山东省博兴县曹二村，采用宽带套种，畦内播12行小麦，留0.6米埂套种2行毛叶苕子，翻压后套种玉米，小麦收后种田菁。和不种绿肥的对照比较，土壤全氮提高14.5%，有机质增加20.8%，玉米增产10～20%。北京市通县小海字乡试验，在玉米行间种植绿肥田菁，第一年土壤含氮量由0.0495%提高到0.0548%，第二年提高到0.075%，第三年提高到0.092%。有机质含量由原来的0.6%提高到1.09%以上。翻压田菁的小麦每亩增产50～100公斤，玉米增产25公斤，全年粮食亩产超过500公斤。

黄淮海平原地区玉米种植方式是在较长时期内因地制宜发展形成的，间套复种多种种植方式将长期并存，以套种玉米为主，不同地区因地制宜，适当搭配春播玉米和复种玉米。据中国农业科学院作物研究所试验（表11-2），在一般肥水条件下，套种玉米很适宜黄淮海平原地区的生态气候条件，可以获得较高的生物学产量和经济产量。

表11-2　玉米不同种植方式的产量表现（公斤／亩）

种植方式	冬小麦	玉　米	三套玉米	经济产量	生物学产量	经济系数	带距(米)
春播玉米	—	500.2	—	500.2	1286.8	0.389	—
两茬平播	321.3	311.3	—	632.5	1629.9	0.388	—
平播套种	288.9	537.6	—	826.5	2257.5	0.366	0.70
窄带套种	246.7	499.7	—	766.3	1934.6	0.396	1.20
宽带套种	310.2	311.5	90.3	711.9	1495.2	0.419	2.50
大带套种	310.2	255.3	259.0	724.5	1705.5	0.425	3.30

注：中国农业科学院作物所1980年在北京市东北旺科技站试验的结果。

第二节　玉米生长发育与形态建成

一、玉米叶片的生长进程与功能

1.玉米叶片的生长进程

玉米种子播于土壤后，在适宜的温度、水分和通气条件下，胚芽萌动，胚内原有的胚叶随胚芽鞘露出地表，开始了叶片的生长进程。

（1）玉米叶片的生长　玉米幼苗最初长出的三片叶生长较快。第一片叶从出苗到展现仅2～3天；第2～3片叶，春播中晚熟玉米品种大约每4～5天，夏播早熟玉米品种大约每3～4天展现一片。第4～6叶展现增至5～6天。

玉米最初展现的1～5片叶着生在茎节密集、节间很短的地下茎上，叶片光滑油亮，颜色浓绿，在解剖镜下检查无茸毛；从第6片叶开始，各叶着生节间顺序渐疏，叶片变宽，颜色变绿，镜检表面有稀疏茸毛，愈上叶茸毛愈密，触之棘手。春玉米和夏玉米6

个品种叶片都是"五光六毛"（每片展叶时取叶片中部左右侧各1平方厘米解剖镜下观察，重复4次，计算叶毛平均数。资料从略）。初步认为，玉米的第1～5片叶原为贮藏在种子胚中的胚叶，含油质较多，故表面光滑无毛；而从第6片叶起，同茎节一样，是依靠根系吸收养分和叶片供给光合产物逐渐分化而产生的新叶。

玉米植株从第6片叶以后展现速度加快，尔后又再次减慢，春玉米大致是5～4天展现一片叶，拔节后至受精平均每4～3天展现一片叶；夏玉米大致是4～3天展现一片叶，拔节后至受精每3～2天展现一片叶。供试6个品种因熟期差异较大，植株叶片数目完全不同，展叶需要的时间也不相同。在北京地区条件下，春玉米京白10号（23～24片叶），从出苗到全展需要77天（平均每3.2天展现一片叶）；京杂6号（22～23片叶）需要76天（平均3.3天）；中单2号（19～20片叶）需要69天（平均3.6天）。夏玉米京早7号22片叶，从出苗到全展需要53天（平均2.4天）；京黄113有18片叶，需要50天(平均2.6天)；京白107有17片叶，需要46天（平均2.7天）。

（2）玉米叶面积增长的动态变化　玉米每片叶出现后从开始伸长至全展，叶面积基本上稳定不变。叶片每天平均增加的面积即为叶片的生长速度。春玉米和夏玉米6个品种，第1片叶的面积最小，都在3.5～4.1平方厘米之间，第2片叶以上叶面积几乎都是成倍地有规律地增长，至第6片叶时相对增长速度达最大值。供试品种的第1～6片叶面积基本上无明显差异。从第7片叶起直至穗位叶片，叶面积急剧增大，但叶与叶之间的面积绝对增长量减少；穗位2～3片叶的叶面积达全株的最大值。由于春播和夏播品种熟期不同，在相同条件下穗位叶的叶面积有很大的差异。如中晚熟种京白10第15～16穗位叶的叶面积达996.0～1036.0平方厘米；中熟种中单2号第13～14穗位叶的叶面积达786.7～807.7平方厘米；早熟种京白107第12～13穗位叶的叶面积达530.4～538.5平方厘米。从穗位叶起，以上各叶的叶面积又顺序缓慢减少。最后一片叶的叶面积与第7片叶的叶面积大致相当（表11-3）。总的来讲，玉米植株叶面积分布呈一单峰曲线。基部第1～6片叶的叶面积较小，穗位2～3片叶的叶面积最大，再往上的几片叶的叶面积缓慢减小。春玉米和夏玉米有相同趋势。

（3）玉米叶片的有效功能期　玉米植株各个叶片的伸出直至全部展现的时间，称为非功能期。这时期绿色叶片的光合产物主要消耗于自身的建造；从叶片全部展现（叶鞘伸出，叶舌展开）起直至有一半以上的叶片枯黄或收获时为止，称为功能期。叶片光合产物除自身消耗外，还要供给其他器官的形成。大致说来，玉米植株基部叶片比较短，叶面积也较小，由于中耕等田间作业的机械损伤和植株上部叶片的遮荫，非功能期和功能期都比较短；从穗位叶向上，叶面积增大，功能期也较长；最上部几片叶因在籽粒达到生理成熟时需要收获，相对来说功能期缩短。

所谓有效功能期，即叶片在阳光下进行光合作用的时间。就叶片自身来说，除光合产物的多少与叶面积有直接关系外，还决定于叶片功能期的长短。叶面积乘以功能期为光合势（厘米^2·日），是用来表示有效功能期的指标。玉米各展叶因叶面积不同，生育时期不一，故光合势也不相同。以夏玉米京白107为例：第一片展叶光合势小，仅64厘米^2·日；从第2展叶以上光合势成倍增加，至穗位叶达到最大值，为23 868.0厘米^2·日；自穗位叶向上直至顶部叶片，光合势因叶面积变小和功能期缩短而逐渐减少，顶部叶片的光合势仅为6610.5厘米^2·日。

表11-3　春玉米和夏玉米植株各叶片的叶面积（厘米²）

（中国农业科学院作物研究所，1980年）

叶序 \ 品种	京白10号	京杂6号	中单2号	京早7号	京黄133	京白107
总计	11072.1	10433.7	7818.6	6504.6	6260.4	4189.0
24	129.2	—				
23	257.2	165.4		—		
22	364.4	345.1		102.4		
21	461.6	494.6		250.4		
20	574.5	511.6	—	369.9		
19	690.7	614.1	237.4	436.2	—	
18	819.8	749.6	486.7	502.1	240.2	—
17	947.5	898.3	628.9	524.2	479.0	146.9
16	996.0	942.6	739.9	532.6	511.1	263.8
15	1036.0	1002.5	784.2	534.6	538.9	388.7
14	992.0	982.5	807.7	533.7	631.8	451.0
13	911.3	942.9	786.7	501.0	694.2	538.5
12	822.0	772.2	766.1	498.2	666.9	530.4
11	616.6	572.9	707.8	448.9	649.7	489.2
10	461.3	426.9	556.2	355.8	547.8	390.3
9	357.3	336.0	423.8	273.4	438.9	330.1
8	244.9	245.7	339.4	229.6	345.3	257.4
7	153.9	139.9	253.6	173.5	234.6	178.3
6	101.4	100.4	147.6	113.7	129.3	101.1
5	63.7	61.1	79.9	52.2	76.1	59.9
4	37.5	37.4	40.9	33.3	42.4	32.6
3	19.9	18.1	18.6	18.1	21.3	17.3
2	9.2	8.9	9.1	9.7	9.4	9.5
1	3.8	3.7	4.1	4.1	3.5	4.0

注：每展叶时取样，第1～8片展叶每次取样10株，以后5株。表中叶面积数是25～50株的平均值。

叶面积＝长×宽×0.7

从玉米植株全部叶片的光合势可以看出，基部第1～6片叶是苗期的主要功能叶，在玉米生育后期它的作用消失；穗位上下叶片是植株茎叶生长和雌雄穗分化的主要功能叶；而上部叶片则对后期籽粒形成和灌浆有重大的作用。

2.不同层次叶片在植株生长发育过程中的功能

玉米在不同生长发育阶段的不同"生长中心"，亦即植株迅速生长的部分。由于玉米叶片的光合产物是植株各器官建成的物质基础，所以玉米的整个生长发育进程，都围绕叶片的生长、并受叶片光合产物的制约。了解玉米不同层次叶片在植株生长发育过程

（即供应生长中心）中的作用，为夺取玉米高产增加预见性，减少盲目性。

在以展叶为标志观察植株生长发育和器官建成相关性的基础上，对春玉米和夏玉米5个品种做了剪除不同层次叶片的试验。春玉米叶片分为四组：1～6、7～12、13～18、18～24（或23）；夏玉米叶片分为三组：1～6、7～12、13～17（或18）。在每片叶刚刚展现时，沿鞘缘叶舌剪除全叶，并对后展叶用阿拉伯字橡皮戳标记。为了避免群体中剪叶植株因光照竞争招致生长落后，每个品种在大田中选择7行，行距0.7米，每处理小区面积4.9×6.0＝29.4米^2（0.049亩），供试株每处理约100～150株。在每展叶处理结束时，取样10株与正常株考察比较，记载植株各器官生长发育的差异。

（1）剪除植株第1～6片叶对玉米生长发育的影响　玉米幼苗期叶片生长主要靠种子胚乳自养，出叶缓慢，春玉米1～6片叶从出苗至展现共历时29天（平均4.8天），夏玉米共历时21～23天（平均3.5～3.8天）。在剪除苗期每片叶时，未发现对下一片叶的展现期有明显的影响。结果表明，剪除1～6片叶后对玉米根、茎、叶各个器官的影响都很大，随着品种的不同，处理植株自然高度比正常植株降低6.7～19.9厘米；地上部干重减少10.2～22.8克；第7片叶以上叶面积减少275.4～783.1厘米^2；其中第7片展叶面积减少了16.9～112.0厘米^2。在本处理供试的5个品种中，玉米根层和叶片展现时间均未受到剪叶的明显影响。但次生根的数量影响极大。春玉米次生根数减少5～11条，根系干重降低37.8～68.4%；夏玉米减少3.7～6.1条。初步认为，玉米苗期展现的1～6片叶的主要生理功能是供根系生长，其次是供应以后叶片的生长。

（2）剪除植株第7～12片叶对玉米植株生长发育的影响　玉米植株第7～12片叶生长速度较快，生长量大；因正值玉米雌穗分化期，需要供应大量养分。在剪除第12片展叶时，春玉米已有19片可见叶，夏玉米已有17～19片可见叶，大致接近抽雄受精期。剪除12片叶后取样测定表明，剪叶株比正常株自然高度下降，春玉米降低14.2～22.3厘米，夏玉米降低22.4～26.8厘米；单株叶面积前者减少416.4～454.2厘米^2，后者减少205.0～972.7厘米^2。特别是对第13片叶的叶面积影响最大，春玉米减少了70.7～76.4厘米^2，夏玉米减少了41.6～95.3厘米^2，是叶面积减少最多的叶片。根据玉米生长发育规律分析，玉米这一时期的生长中心是叶片，供应生长中心的主要是茎秆和上部叶。所以剪叶株的地上部干重降低相当多，处理株和正常株相比，春玉米降低38.2～55.0克（33.3～42.2%），夏玉米降低25.7～44.8克（43.2～50.2%），其中又以叶片的干重降低最多，茎秆次之，叶鞘较少。

剪除第7～12叶对根系层次无影响，而对根数和根量有抑制作用，但不十分明显。

（3）剪除不同层次叶片对玉米产量的影响（11-4）　玉米植株基部6片叶的叶面积较小，功能期较短，在生育后期及收获时基本上都消失；而第二层7～12片叶和第三层（13叶以上）叶片正是玉米茎叶生长及籽粒形成和灌浆期的主要营养来源，对产量的影响依次递增。剪除第1～6片叶虽然对植株苗期的根层和叶片有较大的影响，但随着水肥条件的改善，植株生长发育迅速赶上正常植株，并超过了剪除第2和第3层叶片的植株。例如剪除第一层叶片的处理，收获时尚存叶面积接近正常株叶面积，比后两种处理的叶面积大一倍以上。绿色叶片是光合作用生产有机物质的场所，有利于玉米后期籽粒灌浆过程和干物质积累。故剪除第一层基部叶片仅比正常株略略减产（减产1.5～2.4%）；而剪除第二层中部叶片，由于供生长中心的功能叶面积剧减，影响雌穗分化和籽粒灌浆，

表11-4　剪除玉米不同层次叶片对植株和产量的影响

品　种	处　理	株　高（厘米）	收获时叶面积（厘米²）	地上部干　重（克）	穗　长（厘米）	穗粒重（克）	千粒重（克）	产　量（公斤／亩）	为正常株的百分比（%）
京黄113	正　常　株	239.7	4871.7	173.4	16.7	99.5	225	349.9	100.0
	剪去1～6叶	219.5	4596.0	141.8	16.2	98.5	220	344.7	98.5
	剪去7～12叶	214.5	2460.9	138.0	14.2	83.5	192	292.3	83.5
	剪去13～18叶	211.1	2161.5	133.9	12.6	73.9	198	258.7	73.9
京白107	正　常　株	210.7	3241.3	71.2	17.9	89.6	288	367.7	100.0
	剪去1～6叶	188.1	2937.5	56.3	17.1	88.2	284	361.6	98.4
	剪去7～12叶	179.4	1629.7	51.9	13.8	76.4	246	313.3	85.2
	剪去13～17叶	177.6	1523.0	52.2	13.4	71.3	260	292.4	79.5
中单2号	正　常　株				19.8	129.3	329	363.6	100.0
	剪1～6叶				19.4	126.2	330	354.7	97.6
	剪7～12叶				17.1	111.1	307	312.2	85.9
	剪13～19叶				17.2	103.8	306	291.8	80.3

• 中国农业科学院作物研究所，1980年资料。

穗长和穗重降低，减产幅度约在15%左右；而剪除第三层顶部叶片主要影响籽粒灌浆，降低千粒重，减产幅度达19.7～26.1%。

综上所述，玉米苗期第1～6片叶主要生理功能是供根系生长，且对以后叶片的生长也有作用；第二层7～12片叶主要生理功能供茎秆和叶片生长，并间接制约雌穗的分化过程，对后期籽粒灌浆亦有一定影响；而植株上层叶片主要生理功能是进行旺盛的光合作用，积累干物质供应籽粒形成和灌浆，对最后的经济产量影响最大。

3. 不同层次叶片在籽粒灌浆过程中的作用

玉米籽粒中干物质85%以上为来自授精后叶片的光合作用产物。为了查明雌穗受精后不同层次叶片在籽粒灌浆过程中积累干物质的作用，在夏玉米三个品种雌穗刚受精时将尚存叶片进行分层去叶试验。将植株叶片分为上层、中层（穗位3～4叶）和下层三组。在植株最后一片叶展现时（即受精期）分别摘除各层叶片和分别保留各层叶片，并以完全去叶和正常株作为对照。每处理共150～200株。收获时取样20株考种，重复一次。测定穗部性状和籽粒产量。

（1）玉米雌穗受精后，形成籽粒的大部分干物质需要由叶片光合作用产物运入。因此，玉米雌穗受精后(3天)剪除全部叶片的处理，有一半以上的植株为空秆，虽亦有受精的果穗，但仅有稀疏的少数瘪粒，最后每亩折算仅收获15～25公斤。夏玉米三个品种，全去叶处理均比正常株减产92%以上。目前无法肯定的是，全去叶后这些微量籽粒产量是来自去叶前三天由叶片运入的呢？还是绿色茎秆尚能进行光合作用而运入的干物质。

（2）夏玉米上、中、下三层叶片对籽粒形成和灌浆所起的作用是不同的。供试三个品种剪除上部4片叶均抑制籽粒灌浆，显著降低产量。如剪除上层叶片的京白107

植株比正常植株减产33.2%；京黄113减产29.7%；京早7号减产27.8%。其次是剪除中部穗位3～4片叶，三个品种分别比对照减产29.7%、22.9%和21.8%。而剪除穗位以下的下层3～4片叶，对产量影响较小，三个品种仅分别减产12.5、9.8和12.6%。

（3）有意思的是，去除各层叶片的处理与相应保留各层叶片的处理相比，保留各层叶片的处理其减产幅度比相应剪除各层叶片处理的减产幅度要明显地小。所有三个品种保留上层叶片的处理，比正常株减产相应为34.9、42.4和30.9%；保留中部叶片的处理，相应减产为38.3、46.9和33.2%。但和去上部四片叶处理的产量并无明显的差异，有的品种甚至还要超过。这表明虽然仅保留了中、上层叶片，总叶面积减少了，但由于这两层叶片的光合效率显著提高，故最后减产数量不多。而仅仅保留下层叶片的处理，尽管在相同的光照条件下，由于叶片衰老，功能减弱，处理株分别比正常株减产71.9、77.8和73.5%。这表明生育后期下层叶片光合效率较低，在籽粒形成和灌浆过程中的作用很小。

总的来说，玉米在雌穗受精后植株尚存各层叶片在籽粒灌浆和产量形成过程中起的作用，以上层叶片最重要，其次是中部穗位3～4片叶（尽管二者差异并不十分显著），下层叶片较小。计算单位叶面积效应表明，在夏玉米三个品种中，均以上层叶片的叶面积效应最高，例如留上部4片叶的处理，京白107叶面积效应为0.046克／厘米^2，京黄113为0.037克／厘米^2；京早7号为0.068克／厘米^2。而留下部叶片的处理，叶面积效应上述品种仅分别为0.022、0.013和0.015克／厘米^2。

二、玉米干物质的积累与分配

1.玉米干物质积累进程

玉米的干物质积累有严格的规律性，并按一定的顺序有节奏进行。

（1）玉米干物质积累遵循罗吉斯蒂（Logists）方程　玉米干物质积累规律和其他作物一样，普遍地遵循着从无机到有机，再回到无机的循环，简单地说，就是从玉米种子发芽出苗经历缓慢生长、积极生长和稳定生长至最后衰亡的全部过程。玉米的干物质增长进程基本上遵循罗吉斯蒂方程——即S型曲线发展。（图11-1）。

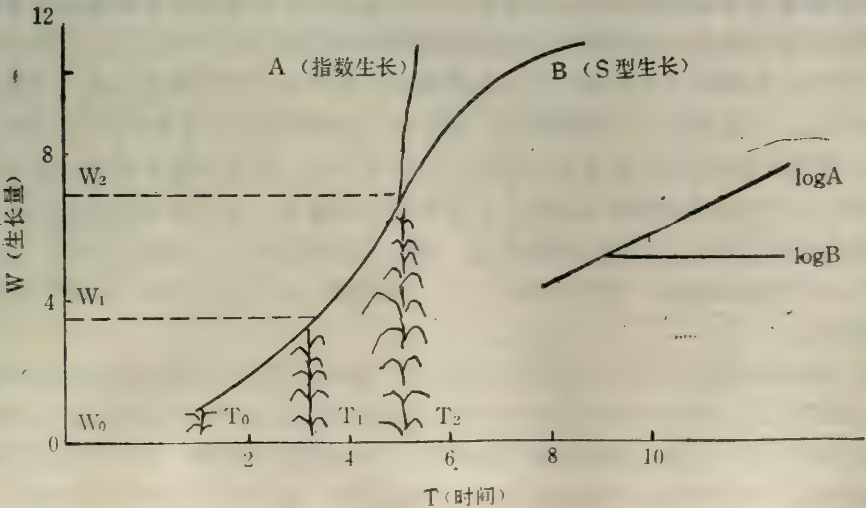


图11-1　玉米植株干物质积累的基本规律

以春玉米干物质积累进程为例。在玉米幼苗期，即在t_0至t_1这一段时间内，玉米的生物量从W_0增至W_1，可以近似地看成生物量随时间的变化呈线性关系增长；从t_1至t_2这段时间，生物量从W_1增至W_2，则完全呈指数关系增长。如果玉米在整个一生中生物量都随时间按指数关系增长的话（如图11-1曲线A所示），则生物量增长将是陡直上升的。事实上，当时间超过t_2时，玉米生长过程中所受到的环境和空间，特别是自身生理和遗传因素的制约，必然在生物量的增减上显示出来，玉米的生长速率开始减退，其生物量便减弱直至停滞在某一水平上。这样，t_2和W_2所对应函数曲线的交叉点，就是玉米生长的转折点；从这个点开始，改变了原来生物量按指数生长的关系，生物量的增长变缓慢以至稳定。三年间在春播、套种和夏播条件下获得的玉米干物质积累资料基本上是一致的。玉米干物质累积呈S型曲线的发展特点，是由玉米自身的生理变化和长期以来对外界环境条件适应性能决定的。

（2）玉米干物质积累进程的分期　玉米干物质积累的进程和玉米生长发育阶段大体吻合，分为苗期指数增长期，穗期直接增长期，粒期稳定增长期。

第一阶段：苗期指数增长期。大致从玉米出苗至开始拔节（北京地区因品种熟期不同，一般在第6～7片展叶时）。春玉米在5月上旬至6月上旬，套种玉米在5月下旬至6月下旬，夏玉米在6月下旬至7月中旬。分别为26、28和18天，约占整个生育期的五分之一。玉米幼苗叶片少，叶面积小，干物质积累较少，平均日增重0.33～0.43克，仅占全生育期总干物量的2～4%。这一时期的特点是植株干物重增加量与初始重量成正比，而与时间呈指数关系，故称指数增长期。

第二阶段：穗期直线增长期。从植株拔节至雌穗吐丝受精。一般是从第6～7片展叶至全部叶片展现。这一时期的特点是干物质增加量与时间成正比。春玉米在6月上旬至7月中旬，套种玉米在6月下旬至7月下旬，夏玉米在7月中旬至8月上旬，分别为37、31和23天，约占整个生育期的三分之一左右。玉米干物质积累迅速，春播玉米平均日增重5.04克；套种玉米4.47克，夏播玉米2.51克。干物质积累量分别占全生育期生物学产量的41.5%、32.7%和30.8%。这一阶段玉米叶面积增长快，光合作用旺盛，同化产物多，干物质积累的高峰期出现在玉米最后一片叶展现时，亦即在玉米雌穗吐丝受精的时期。这时是玉米从营养生长阶段向生殖生长阶段的转折点。

第三阶段：粒期稳定增长期。从玉米雌穗吐丝受精直至籽粒灌浆成熟，千粒重达到最大值时为止，一般为40～55天的时间。北京地区春播玉米在7月中旬至8月下旬；套种玉米在7月下旬至9月中旬；夏玉米在8月中旬至9月下旬。玉米群体叶面积从稳期逐渐衰减，叶片的光合产物向生殖器官运转，主要供应籽粒灌浆，直至最后成熟为止。玉米籽粒形成阶段干物质累积占全生育期的比重，春玉米为56.4%，日增重5.50克；套种玉米为65.2%，日增重5.03克；夏玉米为65.1%，日增重2.84克。是玉米一生中干物质积累最重要的时期。

（3）不同种植方式玉米干物质积累的差异　春播、套种和夏播玉米的干物质积累进程基本上是近似的，但由于所处气候条件和采用农业措施的差异，还表现出各自不同的特点。①春玉米幼苗阶段处在较低的温度条件下，干物质增长缓慢；平均日增重从拔节以后才迅速增长，直至籽粒形成和灌浆终止。大致说来，春玉米干物质增长的曲线，前期略显平滑；中期剧升，后期仍呈现很大的陡度。②套种玉米幼苗期虽处在适宜的温度条

件下，但因生长在麦垄里，幼苗阶段延续时间较长，干物质增长缓慢，平均日增重仅0.33克；小麦收获后生长加速，干物质增长曲线陡度加大，平均日增重达到4.47克，以后迅速上升，直至籽粒成熟终止。③夏玉米出苗后即处在较高的温度条件下，幼苗期干物质增长速度快，平均日增重比例大，在拔节至雌穗受精阶段干物重日增重达到最大值；但在籽粒形成和灌浆阶段，由于温度逐渐降低，个别年份甚至处在低于16°C温度条件下，和春播、套种玉米相比，夏播玉米这一阶段的干物质积累量显著减少（图11-2）。

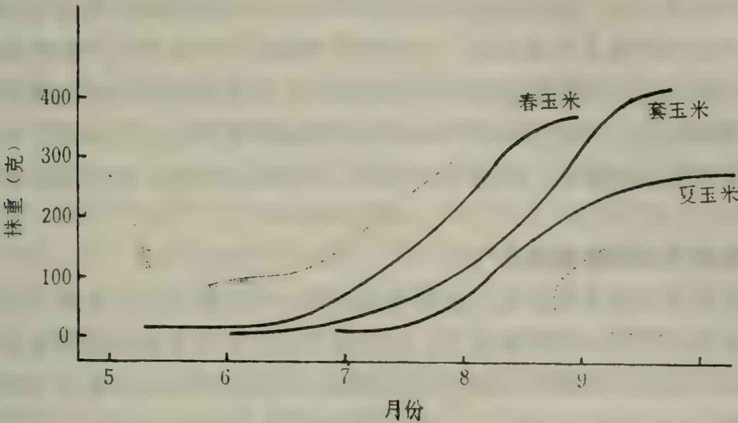


图11-2 玉米不同种植方式干物质积累进程（1981年）

（4）玉米植株不同器官的干物质积累进程 玉米植株的不同器官——根、茎叶、和叶鞘的干物质积累进程都有自身的消长规律。①玉米不同器官的干物质积累进程。玉米在拔节以前，植株没有分化茎秆和叶鞘，地上部干物质的增加主要表现为叶片的增长。从拔节时起，茎秆、叶片、叶鞘按比例有顺序的增重，最初叶片的增重占优势，叶鞘随叶片的增重而增重；大约在6～7片展开叶以后，茎秆的干物质剧增，而最后超过叶片和叶鞘，直至全部叶片展现，茎秆上部雄穗定长。以后茎、叶、鞘的干物重开始下降。很有意思的是，不同种植方式下的每个玉米品种在植株建成后，茎秆的干物重和叶片（含叶鞘）的干物重大致是相等的，而且此后茎秆和叶片的消长规律基本一致（图11-3）。②玉米

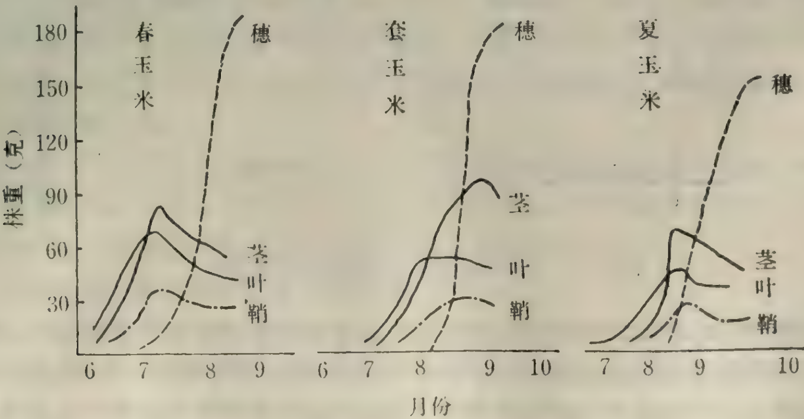


图11-3 玉米器官干物质积累和分配

叶片的干物质积累的消长。玉米单株叶片重量作为一个总体，也遵循从少渐多，再逐步下降的过程；而植株的每个叶片的重量亦遵循这一规律。1981年对套种玉米京杂6号和夏播玉米京黄119的每个叶片进行干物质测定，发现自下而上每一片叶展现后，干物质积累进程都有一个从少渐多，尔后下降的过程。以京黄119为例，幼苗期第1～5片叶，从每片叶可见至全部展现，干物质显著增加，在叶片展现稳定若干天后干物重又逐渐降低，表明随着后生叶片的不断展现，早生叶片的功能减弱；6～10片叶因叶面积较大，受农业措施的影响（施肥、中耕等），三次测定尚未发现有下降的趋势。从雌穗吐丝受精至籽粒蜡熟期的40多天中，植株尚存的10片展开叶，在全展后30天干物重仍略显增加，直至蜡熟期每片叶干物重才明显降低。这和剪叶测定玉米上层叶片对籽粒灌浆贡献最大的结论是一致的。③玉米籽粒容积和粒重的变化。玉米的籽粒形成和灌浆是整个果穗逐渐增大和增重的过程。但就干物质积累的最终产物籽粒来说，它的体积也是从小渐大，随着籽粒脱水再逐渐缩小；粒重从少渐多，渐次稳定上升，直至达到最大值后再略有降低。

2.玉米干物质分配的基本规律

玉米干物质在各个器官的分配，也严格地按照一定的顺序。玉米播种后萌发出苗，根系生长，茎叶发育旺盛，雌雄穗分化，直至最终把大部分有机物质贮存在种子中。在不同生育阶段，干物质分配的中心部位是不同的，而这些部位又为最后干物质输送到籽粒中去奠定基础。

（1）玉米的干物质主要分配到繁殖器官　人类栽培的大部分一年生谷类作物，整个生育期中所积累的绝大部分干物质都希望输送到繁殖器官——籽粒中去。例如玉米的果穗最后贮存的干物质，一般都占植株总干物重50～60%左右（图11-4）。

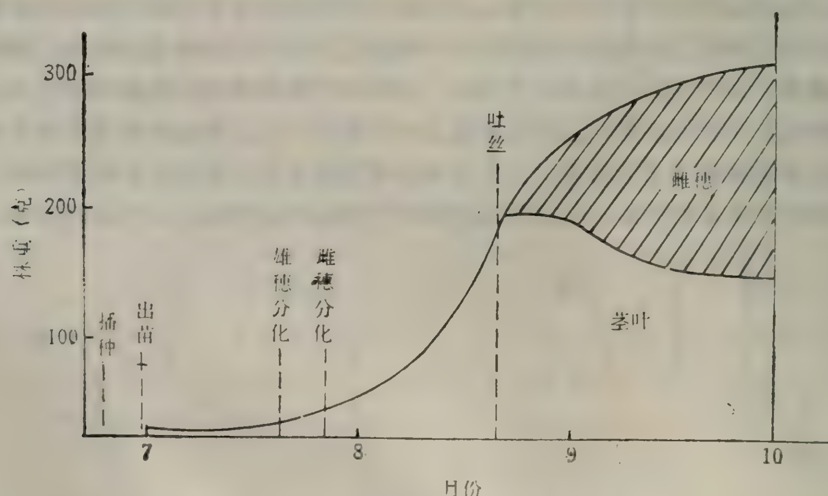


图11-4　夏玉米京黄119干物质积累模式图

玉米果穗以及籽粒中的干物质，绝大部分是玉米在雌穗吐丝受精后叶片光合作用的产物，只有极少部分来自生育前期原贮存于叶片、叶鞘和茎秆中的养分。营养器官的干物质输出实际是有机营养的再分配和再利用的过程。这一部分究竟占整个果穗重量多少？Duncan研究（1969）认为占12%，田中、山口（1972）推断占10%。据中国农业科学院

三年的实测资料，玉米雌穗受精后，茎秆运入的干物质占果穗重的10.40%。其中春玉米占9.3～12.0%（平均10.67%），套种玉米占9.14～9.66%（平均9.40%），夏玉米占9.8～12.3%（平均11.34%）。总的说来，玉米雌穗受精以后茎秆和叶片原贮藏的养分输往果穗，大致占9～12%，也就是说，玉米生殖器官——果穗的干物质，有88～91%都是在雌穗受精后叶片光合作用所积累和分配去的产物。

（2）玉米不同生育阶段干物质的主要分配中心　玉米的干物质分配中心，亦即干物质分配最多的器官或部位，在苗期、穗期和粒期有明显的差异。以套种玉米京杂6号测定资料为例：①苗期的干物质主要分配到根系，其次是叶片。玉米在拔节以前（7展叶），植株只有地下部根系和地上部叶片两部分，基本上没有茎秆。地上部全部干物重仅9.1克，占植株最后地上干重的2.15%。而地下部单株根重从一展叶时0.1克增至1.9克，占全株干重的20.9%。用^{14}C示踪技术测定夏玉米幼苗光合产物的分配，发现标记第3和第5片叶分别以42%和20%供应根系，标记第7叶则不再供应根系而供应叶片。表明后展叶片所积累的干物质已不再向根系运输。1979年所作的苗期分层剪叶试验表明，苗期分次剪除每片展叶并不影响出叶速度，但显著影响相应根系的发生，影响以后出现的叶片的大小和重量。表明苗期干物质主要分配中心是建成根系。②穗期干物质分配中心是茎秆和叶片。从玉米拔节至全部叶片展现（雌穗吐丝）时为止，植株旺盛生长，单株和群体叶面积增长最多，干物质日增重达到最大值。如果我们再把穗期分为两个阶段，即从7展叶至13展叶（大致在雌穗四分体期），玉米的干物质主要分配给叶片，单株46.0克（占52.1%）；其次是茎秆，单株30.7克（占34.8%）；再次是叶鞘，单株11.6克（占13.1%）。从13展叶至全部叶片展现（雌穗吐丝），玉米的干物质主要分配给茎秆，单株70.5克（占47.8%）；其次是叶片，单株50.2克（占34.0%）；再次是叶鞘，单株20.9克（占14.2%）。此时果穗很小，干重仅6.0克（占4.1%）。表明穗期干物质分配趋向是：茎秆＞叶片＞叶鞘＞果穗（未测定根系）。如果把叶片和叶鞘合并计算，则其总重量所占的比重（48.2%）和茎秆（47.8%）大致是相等的。③粒期干物质分配中心是果穗，又以籽粒占比例最大。玉米雌穗花丝受精，标志着玉米从营养生长转入生殖生长阶段，植株的高度、叶片数和叶面积基本上不再发生明显的改变。此后，绿色叶片光合产物主要供应果穗和籽粒。从表4可以看出，玉米全展叶时单株干重从147.6克增加到424.0克，增加的干物质全部运输到果穗中去，果穗的干重从6.0克剧增至304.2克，占全部干重的68.5%。分配到果穗中去的干物质，籽粒（192.5克）＞穗轴（72.6克）＞苞叶（39.1克）。而茎秆、叶片和叶鞘的干物重不仅没有增加，还略有减少，它在全株所占的比重则显著下降。

总的来说，玉米干物质分配和器官建成的顺序是一致的：根系→茎叶→穗粒。根系的建成为玉米吸收和利用水分、养分，并供应茎叶生长打下基础；茎叶的旺盛生长和依靠光合作用制造大量的有机物质，为穗粒增重创造必要的条件。

3.玉米生物学产量和经济产量的相关性

人类栽培玉米的主要目的，是获取高产的可供食用的籽粒。Ичипорович.А.А（1960）最早提出划分植物干物质产量的两个定义，即生物学产量和经济产量（或称农业产量）。对玉米来说，籽粒就是经济产量，其他部位都是次要的产品。因此，我们研究玉米干物质在各个器官的分配，主要还是关心干物质分配到籽粒中的数量（经济产

量）和比重（经济系数）。

根据三年间对15块玉米试验地产量测定资料，玉米生物学产量与经济产量有极显著的相关性：$r=0.9462$，$P<0.01$，表明玉米在生育前期积累的生物学产量愈高，对后期获得较高的经济产量影响愈大。

玉米在良好的栽培条件下能获得较高的生物学产量，但怎样使干物质更多地分配到籽粒中去，即提高经济系数，还和以下几个因素有密切的关系。①适宜的种植方式：春玉米的生物学产量较高，运往籽粒的干物质也比较多；但籽粒的相对干物质重量较低，即经济系数偏小，一般为0.35～0.40。套种玉米雌穗受精后籽粒积累的干物质较多，相对数量亦较高，经济系数达0.40。而夏玉米生育前期生物学产量较高，干物质积累快，但因籽粒灌浆阶段常遇低温冷害，阻碍干物质向籽粒运输，所以经济系数极不稳定，常年变幅较大，在适时早播、积温丰富年份，经济系数可达0.45；夏玉米播种期均在6月22～26日之间，在9月25日前必须收获，故经济系数只有0.36～0.39。②适宜的绿色叶面积。我们所作的玉米雌穗受精后分层剪叶试验，表明剪除全部叶片，植株空秆，果穗无粒。剪上层叶比正常株减产33.9%，剪中层叶减产21.1%，剪下层叶减产7.7%。因此玉米雌穗受精后各层叶片对玉米经济产量的贡献，上层叶＞中层叶＞下层叶。三年间用其他品种所作的去叶试验结果基本一致。可以认为，玉米果穗以上的叶片光合产物运输到籽粒，而下部叶片运输到籽粒中去的较少，甚至没有什么贡献。因此，在玉米生育后期保持和延长中上层绿色叶面积的时间，是提高籽粒干物质重量的极重要措施。

4.影响玉米干物质积累的因素

（1）玉米叶面积的发展规律　玉米的光合面积即绿色叶面积，是玉米进行光合作用的主要器官，是制约干物质生产最积极最活跃而又是生产上比较容易控制的因素。Watson（1974）最早提出叶面积系数的概念，认为决定玉米产量的往往不是光合强度而是叶面积。Duncan（1968）指出，玉米干物质积累更多地依赖于叶面积的发展，而不是光合强度。在大田生产条件下，玉米群体叶面积一般以叶面积系数表示，即绿色叶面积总和与单位土地面积的比值。

玉米叶面积的消长规律与干物质积累进程基本对应。大致说来，叶面积发展动态亦可分为缓慢增长、直线增长和稳定发展三个阶段。在适宜的叶面积范围内，各个阶段的叶面积（叶面积系数）愈大，光能利用率愈高，积累的干物质也愈多，从而保证形成较高的生物学产量和经济产量。春播玉米的叶面积系数与干物质积累动态变化进行相关分析，其二次方程$Y=0.1496+0.0063-2.6858\times10-6X^2$，$r=0.9849$　$P<0.01$，叶面积系数与干物质积累数量有极显著的相关性。从抛物线形曲线可以看出与玉米生长进程相应的阶段变化：①苗期，亦即从出苗到拔节，玉米叶面积系数从零增长至接近1时，植株干物重直线增长，则$Y=X_0$，Y代表每亩生物学产量，X代表叶面积系数。植株的干物重的增长实际上就是叶片重量的增长。②穗期，亦即从拔节至雌穗吐丝，玉米叶面积系数从1增长至3.82，达到一生的最大值。但随着叶面积的迅速增加，干物质积累也将受到密度、肥水和其他栽培条件的制约，干物质积累从直线增长改变为对数增长曲线：$Y=cbX+a$。③粒期，亦即从雌穗受精至籽粒成熟，这一阶段可以近似地看成是水平直线，$Y=A$。式中A为常数，表明玉米叶面积系数不再增加，而积累的干物质主要运输到籽粒中去。这一阶段绿色叶面积稳定时间愈长，积累的干物质运往籽粒的数量也

愈多。

玉米绿色叶面积与干物质积累的关系，突出地表明叶面积在玉米生长发育和产量形成过程中的重要作用。总结我们系统测定春播、套种和夏播玉米叶面积系数和干物重的资料，都表明两者有极其显著的相关性。

（2）光合势和净同化率　光合势指单位面积土地上的玉米在全生育期或某一阶段每天的绿色叶面积，即总共有多少叶片在进行干物质生产，以米²／日表示。一般说来，在适宜的叶面积范围内，光合势越大，干物质积累越多，净同化率也越高。净同化率（NAR）是指单位叶面积每天制造的干物质重量，以克·米²／日表示。光合势乘以净同化率，即玉米群体生产总值或光合作用积累的总干物重（CGR）。

玉米群体生长率随着时间延长而发生变化，反映出玉米光合能力和叶面积系数（LAI）的季节变化。光合势的发展趋势和叶面积发展动态是一致的，但随着叶面积的增加，净同化率反而降低，两者呈明显的负相关。而CGR和NAR的发展进程基本一致，则呈明显的正相关，即CGR高，NAR亦高。这一点亦反映玉米对光能利用率高低的差异。在春播、套种和夏播玉米中，这一趋势基本上一致。由此看来，在大田玉米生产条件下，除了通过改变株型、改变叶片角度、增加叶面积以提高光合效率外，企图单纯依靠加大植株密度，增加LAI值来提高产量则受很多因素制约，而通过延长叶片的光合作用时间来提高光能利用率，可能更为行之有效。

（3）叶日积（LAD）对玉米干物质积累的作用　叶日积即玉米不同生育阶段的平均叶面积系数与延续天数的乘积。Watson（1947）最早指出它是绿色叶面积延续的时间概念，因为“它能说明叶面积及其坚持时间这种量值；实际上它代表农作物生长期的多叶性”。对玉米来说，亦即全生育期中每天有多少叶片在进行工作。LAD的优点是把叶面积与生长时间两方面综合成为一个指标。据Hunt（1978）的意见，如果玉米的LAD及其平均NAR为已知的话，则玉米的最终产量即可比较准确的估算出来。因此，可以把LAD看成是决定玉米最终产量的，比NAR更为重要的因素。从春播、套种和夏播玉米种植方式看，平均叶面积（LAI）和全生育期天数（D）所构成的LAD值，春

表11-5　玉米不同种植方式叶日积与光能利用率

种植方式	作　物	品　种	LAI	D	LAD	生物产量（公斤／亩）	E %	
							生育期	全　年
一年一熟	春玉米	京白10号	1.83	115	210.5	1281.9	1.57	0.65
三茬套种	冬小麦	红良12	1.35	147	198.5	930.6	1.02	0.40
	套玉米	京杂6号	1.06	112	118.7	776.8	1.02	0.39
	套玉米	1819	0.48	86	41.2	410.8	0.69	0.21
	共　计				358.4	2118.1		1.00
两茬平播	冬小麦	红良12	1.68	147	246.9	982.9	1.08	0.50
	夏玉米	1819	1.29	84	108.4	823.3	1.41	0.42
	共　计				355.3	1806.2		0.92

注：中国农业科学院作物所1980年试验资料。生育期为出苗至成熟。

玉米（210.5）显著大于套种（118.7）和夏播（108.4）玉米，但从全年来说，后两种方式的LAD值大大超过了春玉米（小麦、玉米、玉米三茬套种为358.4，小麦玉米两茬平播为355.3）。春播玉米全生育期光能利用率为1.57，套种玉米为1.02，夏播玉米为1.41，但由于春玉米播前收后至少有大于10°C的50多天的太阳辐射未能利用，而套种和复种的两熟作物光能利用率显著高于春玉米（表11-5）。因此可以认为，LAD是一种能反映作物全年生产力的最适宜指标。在北京地区和华北平原水肥和劳力条件较好的地方，采用以玉米为中心的间套复种方式，能充分利用光热资源，提高玉米产量和全年总产量。

第三节　玉米高产栽培技术

黄淮海平原地区气候条件很适于玉米的生长发育，在良好的肥水条件下，一般春玉米亩产在400～500公斤，套种和夏播玉米在300～400公斤，玉米高产田可达600～800公斤。

要获得玉米高产，必须实现棵足、穗大、籽粒饱满。棵足就是每亩要有足够的株穗数；穗大，就是单株结出的果穗大，粒行数多；籽粒饱满，就是每个籽粒要达到最大的容积和重量。穗、粒、重是构成玉米单位面积产量的三个重要因素。

玉米产量（公斤／亩）＝每亩穗数×每穗粒数×粒重

玉米的穗、粒、重三者之间存在着相互促进和相互制约的关系。三个因素中任何一个因素提高，都可以使籽粒产量增加。每亩株穗数是丰产的基础；达到合理穗数后，主要依靠增加每穗粒数和提高粒重夺取玉米丰产。所以，在玉米不同生育时期采取的各项农业技术措施，就是促使这三个因素协调发展，发挥玉米最大的增产潜力。

一、适期播种，合理密植

黄淮海平原从北向南无霜期170～220天，温度差异很大，加以玉米种植方式复杂多样，适期播种十分重要。玉米的适宜播种期，主要是根据玉米的种植制度、温度、墒情和品种特性决定。既要充分利用当地的气候资源，获得玉米高产，又要考虑前后茬作物的相互关系，为后茬作物创造增产条件，达到全年丰收。

1.春　玉　米

播种期主要根据温度、墒情和品种特性决定。最重要的限制因子是温度，其次是降雨。选择春玉米播种期，一般要考虑以下三个原则：①土壤表层5～10厘米地温稳定在10～12°C或更多，土壤田间持水量在60%以上。②使春玉米的需水高峰与本地区自然集中降雨期吻合，避免遭受“卡脖旱”和后期涝害。③尽可能地充分利用农时。

黄淮海平原气候特点是春旱夏涝，降雨集中在7～8月份，前期干旱，后期常遇低温。在一般年份，土壤5～10厘米地温通过10°C的日期是4月6日。50年代春玉米采用生育期长的品种，播种期一般在4月25日以前，收获期大约在8月30日前后。这种情况下玉米在孕穗期容易遇到“卡脖旱”，雄穗不易抽出，雌雄穗花期不调，花粉量少，受精不良；籽粒灌浆期需要晴朗天气，但这时正遇上8月份多雨季节，高温寡照，影响籽粒灌浆。而且玉米播种前与收获后富余大约有40～50天，400～500°C的积温未能利用。因此，

春玉米可以适当晚播，争取前茬利用；或用中熟种适时早播，争取后茬利用。例如前茬种一季油菜、绿肥，后茬种一季白菜或田菁等。既可以充分利用农时，又可以使玉米需水特点与自然降雨吻合一致。

2.套种玉米

播种期因品种的熟期（100～120天）不同，可从5月上旬延续播种至5月下旬，大约有2800～3000°C的积温可以利用。一般可以先播生育期长的中晚熟种，再播中熟种，最后播中早熟种，因地制宜，排开播期。套种玉米适期播种，土壤墒情是主要限制因子，光照、温度和生长季节都能满足套种玉米发芽和出苗的需要（表 11-6）。在适宜的土壤墒情条件下，确定套种玉米播种期要考虑以下三个原则：①在小麦和玉米共生期间，玉米的生长不能进入雌穗小穗分化期，即不得超过拔节期，否则易造成“小老苗”，②套种玉米籽粒灌浆后期应处在20～24°C的温度条件，不致因低于16°C而影响籽粒灌浆。③套种玉米收获期不影响种适时麦。因此，应根据品种、墒情、小麦生长状况灵活变通。

表11-6　京杂6号套种时80%保证率的积温下限（°C）

播期＼收获期	20／9	25／9	30／9	5／10
10／5	3 079.7	3 169.7	3 251.5	3 329.0
15／5	2 983.7	3 075.1	3 154.5	3 233.8
20／5	2 883.9	2 975.6	3 075.0	3 136.7
25／5	2 780.7	2 872.6	2 955.4	3 031.6
30／5	2 672.3	2 764.9	2 846.0	2 923.0

3.夏　玉　米

农谚说：“夏播无早，越早越好”。早播是夏玉米增产的关键措施。早播可以争取生长季节，预防苗期芽涝，避开后期低温冷害，减轻各种病害。但“三夏”期间农活紧张，播种失时，将招致严重减产。据试验，夏玉米播种期一般不能晚于6月25日，成熟期不得超过9月25日。据中国农业科学院作物研究所夏玉米分期播种试验，6月20日～25日播种的京杂101，受精后有43～50天的灌浆期，千粒重和穗粒重均比较高；而从6月30至7月10日的各播种期，受精后只有25～36天的灌浆期，千粒重和穗粒重均比较低，茎秆中还有大量的营养物质未能转运到籽粒中去，造成浪费。更重要的是，夏玉米晚播由于籽粒灌浆期缩短，籽粒体积小，含水量高达54.4～61.5%，淀粉和脂肪的含量均较低，显著降低玉米的食用品质。因此，要严格掌握好夏玉米的播种期，选择适宜的早熟高产品种，根据所需积温，适期播种。

确保玉米适宜密度，重要环节是抓好播种关，实现玉米播种一次全苗，为攻穗增粒奠定基础，因为玉米和其他谷类作物不同，它不分蘖，是依靠单株大穗夺取高产的，缺一株就少收100～200克，每亩缺100株，就减产10～20公斤。生产上还由于一次播种不能获得全苗，常常造成缺苗断垄，即使采取点籽补种、拔苗移栽等补救措施，也会产生大小株。而玉米植株高大，叶片相互隐蔽，在田间对光照的竞争力特别强，凡是苗期

生长落后的植株，在以后整个生育期中生长一直落后，植株瘦弱，穗小粒少，甚至产生空秆。据观察，如果玉米小株在拔节期比正常植株矮10厘米，到抽穗时比正常株要矮40～50厘米。正常生长的玉米，每穗籽粒重150～200克，生长落后的小株每穗籽粒重只有50～100克；而缺苗补种的小株在50克以下，甚至是空秆。尽管每亩也达到了预定的植株密度，但却达不到预期的产量。

造成玉米缺苗和大小株的原因很多，主要有：土壤墒情不匀，造成缺苗断垄；整地质量差，坷垃多；播种深浅不一，出苗时间有早有晚；种子整齐度差，发芽率低等。因此，要抓好播前整地，做好种子处理，测定种子发芽率以及提高播种质量等，实现一次全苗，确保适宜密度。

二、重施基肥，分期追肥

玉米合理施肥要根据玉米的需肥规律、需肥数量以及种植方式确定施肥技术。黄淮海平原玉米施肥主要采取以下措施。

1.玉米的需肥规律

玉米一生中吸收的氮素最多，钾次之，磷较少。而在不同生育阶段，玉米对氮、磷、钾的吸收量也是不同的。春玉米苗期对氮的吸收量较少，只占总氮量的2.14%，拔节孕穗期吸收较多，占总量的32.21%，抽穗开花期吸收占总量的18.95%，籽粒建成阶段吸收量占总量的46.7%。表明春玉米到抽穗吐丝时吸收了氮素总量的一半。夏播玉米由于生育期较短，吸收氮素的时间较早，吸收速度较快，苗期吸收占总量的9.7%，拔节孕穗期吸收较多，占总量的76.19%，也就是说夏玉米在抽穗受精前，已吸收总氮量的85%。所以，春玉米追施氮肥应分次进行，而夏玉米的追施氮肥要早，可以分次，也可以在拔节后的雌穗小穗分化期一次追施。玉米对磷素的吸收和氮素相似，春玉米在苗期只吸收1.12%，拔节孕穗期吸收占总量的45.04%。说明到抽穗吐丝前只吸收一半，另一半在抽穗受精和籽粒建成阶段吸收。夏玉米对磷素的吸收也较早，苗期吸收10.16%，拔节孕穗期吸收62.96%，抽穗受精期吸收17.37%，籽粒建成期吸收9.51%。表明70%的磷素在抽穗前已被吸收。所以春玉米要分次施入磷肥，夏玉米则可以一次施入。玉米对钾素的吸收，春玉米、夏玉米基本相似，抽穗前已吸收70%以上，至抽穗受精时已吸收全部的钾。因此，钾肥一般要在生育前期施用。

根据有关科研单位试验资料分析，玉米一生对氮、磷、钾吸收数量是不相同的。这主要受土壤、肥料、气候以及种植方式的影响。大致说来，每生产100公斤玉米籽粒，需要从土壤中吸氮2.84公斤，磷1.21公斤，钾2.52公斤。其比例为2.3：1：2.1。其中春播玉米每100公斤籽粒吸收氮、磷、钾分别为3.47、1.14和3.02公斤，其比例为3：1：2.7；套种玉米分别为2.45、1.41和1.92公斤，其比例为1.7：1：1.4；夏播玉米分别为2.59、1.09和2.62公斤，其比例为2.4：1：2.4（表11-7）。

2.玉米的施肥方法

确定玉米施肥的数量和施肥方法，要考虑玉米产量指标、地力基础、肥料种类、种植方式、以及品种和密度等，并加以灵活运用。

（1）分期追肥　玉米追肥是玉米丰产栽培的一项重要措施。追肥可以采用有机肥或各种化肥，尤以速效性化肥效果最好。追肥首先是攻穗，保证穗大粒多；其次是攻

表11-7　每100公斤玉米籽粒对氮、磷、钾的吸收量

种植方式	产量水平（公斤/亩）	N（公斤）	P_2O_5（公斤）	K_2O（公斤）	氮、磷、钾比例 N	P	K	报道单位	时间
春播	318.5	4.11	1.18	3.51	4.0	1.0	3.0	山东省农业科学院	1961
	352.1	4.43	1.51	3.78	2.9	1.0	2.5	山东省农业科学院	1961
	556.3	2.66	0.93	2.41	2.9	1.0	2.6	河南省农业科学院	—
	442.5	4.00	1.40	2.50	3.0	1.0	2.0	北京师范学院等	1980
	700.0	2.13	0.69	2.90	3.1	1.0	4.2	河北省坝下农科所	1983
套种	239.7	2.28	1.20	2.07	1.9	1.0	1.7	北京海淀区农科所	1977
	244.4	2.56	1.31	1.87	2.0	1.0	1.4	〃	1977
	267.5	2.34	1.41	1.84	2.1	1.0	1.6	〃	1977
	280.5	2.05	1.11	1.78	1.8	1.0	1.6	〃	1977
	300.0	3.00	2.00	2.05	1.5	1.0	1.0	北京师范学院等	1980
夏播	250.0	2.90	1.02	2.37	3.0	1.0	2.9	北京师范学院等	1980
	414.0	2.58	1.24	2.97	2.1	1.0	2.4	山东省农业科学院	1980
	400.0	2.75	1.25	2.25	2.2	1.0	1.9	北京市农业科学院	1980
	514.5	2.22	0.77	3.06	2.9	1.0	4.0	山东德州地区农科所	1982
	454.3	2.50	1.15	2.45	2.2	1.0	1.7	山东农业大学	1983
平均	—	2.84	1.21	2.52	2.3	1.0	2.1		

粒，保证籽粒饱满。黄淮海平原玉米的种植方式不同，所以对施肥方式和施肥时间均有不同的要求。

春玉米。春玉米生育期较长，一般都在秋季或春季耕地时施入有机肥作基肥。经过冬春分解，很容易为玉米幼苗吸收利用，故苗期有一定的肥料供应。因此，追肥多采用前轻后重方式。即在玉米拔节期施入追肥的三分之一，在抽穗吐丝前施入另三分之二，满足玉米雌穗小穗、小花分化期以及籽粒建成阶段对养分的需要。据试验，春玉米采用前轻后重的施肥方法，比采用前重后轻的施肥方法，每亩增产13.3%。

夏玉米。小麦或其他作物收获后复播的玉米，因农时紧张，抢种抢收，无法给玉米整地和施入基肥。但玉米幼苗需要从土壤中吸收大量的养分。因此，追肥宜采用前重后轻方式，追肥的三分之二要在拔节期施入，抽穗吐丝前施入另三分之一，着重满足玉米雌穗分化期所需要的养分。据试验，前重后轻的追肥方式比前轻后重的追肥方式增产12.8%。

套种玉米。套种玉米是黄淮海平原玉米主要种植方式，埂宽一般在0.60～0.66米，玉米在小麦收获前25～30天套种，两种作物共生期比较长，加以施入的基肥数量少，小麦玉米争夺水肥现象比较剧烈，需要提早施用追肥。根据套种玉米的需肥规律和北京市玉米科研协作组联合试验表明，套种玉米不论什么品种和地力，都是前重后轻比前轻后

重的肥料分配方案产量高，每百公斤玉米籽粒产量耗费的化肥少，经济效益大。同样是前重后轻的施肥方案，中等地力又比中上等地力获得的经济效益高。在采用中熟种的中等地力条件下，前重后轻施肥亩产237公斤，前轻后重施肥亩产218公斤，增产9.6%；每生产百公斤玉米籽粒耗费化肥量少1.4公斤。而在上等地力水平下，前重后轻施肥亩产275公斤，前轻后重施肥亩产267公斤，增产3.2%，每百公斤玉米籽粒仅节省化肥0.4公斤。在采用晚熟种、中等地力条件下，前重后轻比前轻后重施肥增产14.5%，每百公斤玉米籽粒化肥用量少1.8公斤，而在上等地力条件下，前重后轻比前轻后重仅增产4.5%，每生产百公斤玉米籽粒耗费化肥仅节省0.6公斤（表11-8）。

表11-8 等量化肥不同分配方案的增产效果

（北京市玉米科研协作组，1976年）

处理			亩产		100公斤玉米耗费化肥		试验点数(个)
			数量(公斤)	%	数量(公斤)	%	
中熟种	中等地力	前重后轻	236.9	108.6	7.4	91.3	13
〃	〃	前轻后重	218.1	100	8.1	100	
〃	上等地力	前重后轻	275.4	103.2	6.4	96.9	
〃	〃	前轻后重	266.9	100	6.6	100	9
晚熟种	中等地力	前重后轻	286.0	114.5	6.1	87.1	
〃	〃	前轻后重	249.7	100	7.0	100	3
〃	上等地力	前重后轻	279.0	104.5	6.3	59.4	
〃	〃	前轻后重	267.0	100	6.7	100	2

根据套种玉米前重后轻的追肥原则，当前黄淮海平原玉米生产上主要采用按叶龄追肥法、重施底化肥和前重后轻补施粒肥三种施肥方法。

（1）按叶龄追肥法　套种玉米前重后轻施肥方案有明显的增产效果，但前重后轻究竟什么时候合适？试验结果表明，第一次施肥以第4片展叶时施入产量最高，第6、8、10片叶时追肥产量递减。套种玉米按叶龄期追肥每100公斤籽粒耗费化肥数量，同追肥时期的早晚呈负相关，追肥越早，需肥越少，经济效益越大，第4、6、8片展开叶追肥的处理，每生产100公斤籽粒，分别需要氮肥（硫酸铵）14.5、15.1和17.1公斤。套种玉米由于底肥不足，在小麦行间幼苗生长发育受欺，追肥时期宜越早越好。根据当前生产力水平和套种玉米采用的玉米品种，中熟种在中等地力条件下，“前重”应从第4片展开叶开始追至第6片展开叶，并尽可能在第4片展开叶时追肥，可以获得较高的产量。中晚熟种在上等地力条件下，应掌握在第6片至第8片展开叶时追肥。“后轻”肥都在第13～16片展叶时施，可以获得较高的产量。

（2）重施底化肥法　套种玉米采用前重后轻按叶龄追肥方案，多年来增产效果明显。但由于小麦玉米共生期间，玉米幼苗小，畦埂窄，操作很不方便，而且受土壤墒情不足的影响，大面积推广受到一定的限制。80年代初黄淮海平原进行套种玉米重施底化肥试验，将原来在4～6片叶重施的氮素化肥改为播种前作底肥用。方法是在播种前破埂深开沟3寸，撒施化肥或与“四合一”精肥混施，覆土埋严，然后在距肥料15～20厘米远处条播或点

播玉米。据北京市郊区1980年联合试验结果表明，重施底化肥比重施苗肥玉米增产7.3～12.9%。重施底化肥的套种玉米，根系发达，幼苗健壮，单株叶面积增加，提高了光合生产率，从而对构成产量的穗、粒、重都有良好的作用。

套种玉米重施底化肥虽然增产幅度不大，个别地块还略有减产，但从操作方便、节省工时、降低成本来看仍具有实际意义。应该注意的是，当前生产上采用的碳酸氢铵集中施用，应注意防止氨的挥发和烧苗。在保水保肥较差的沙土地上氮肥容易流失，不宜采用。对生育期较长、需肥较多的中晚熟种玉米，雌穗受精前后仍需多施化肥，才能满足生育后期玉米生长发育的需要。

（3）前重后轻补施粒肥法　玉米的籽粒形成过程包括从玉米雌穗受精直至籽粒成熟，大致经历40～45天或更多的时间。玉米籽粒灌浆阶段是决定玉米粒重的关键时期，其中又以在玉米受精后10～30天的时间最为重要。据研究，玉米籽粒中95%以上的干物质是依靠这一时期玉米叶片光合作用的产物，只有一小部分来自茎叶内转运来的贮藏物质。因此，加强玉米的后期管理，保证籽粒形成过程中适宜的肥水条件，使植株茎叶繁茂，增强叶片的光合作用能力，对提高玉米籽粒粒重和产量有很大作用。但在农业生产实践中，部分地区常常是“立了秋、挂锄钩”，忽视玉米籽粒建成阶段田间管理，使玉米植株脱肥早衰，影响籽粒灌浆，降低产量。因此，套种玉米和夏播玉米在采用前重后轻施肥方法的同时，还要在籽粒建成阶段适当补施粒肥，对提高玉米的穗粒重、千粒重和产量有明显的效果。

表11-9　套种玉米前重后轻补施粒肥的增产效果

处理＼项目	双穗(%)	空秆(%)	每株穗数	千粒重(克)	穗粒重(克)	亩产(公斤)	穗粒数
定苗后施10公斤，抽穗前施25公斤	3.1	5.4	0.980	317.3	110.3	186.9	390.5
定苗后施25公斤，抽穗前施10公斤	1.5	2.6	0.989	311.8	116.7	219.1	413.0
定苗后施20公斤，抽穗前施10公斤，灌浆期施5公斤	3.6	0.6	1.030	333.7	139.6	273.6	428.8

• 中国农业科学院作物研究所，1982年。

套种玉米籽粒灌浆期补施粒肥，适当早施比晚施的效果好。据试验，8月5日玉米雌穗刚受精时施碳铵7.5公斤，增产14.5%，8月10日雌穗挂“花红线”时施碳铵7.5公斤，增产10.4%。早追肥比晚追肥的增产多，晚追肥又比不追肥的增产多。

三、适期灌溉，预防涝害

黄淮海平原地区降雨季节主要集中在夏季，6月底、7月初进入雨季，7～9月份降雨量平均为410～500毫米，最多的年份达1235毫米。而且日降雨量大于50毫米的暴雨很多，7月中下旬至8月上中旬是暴雨活动的盛期，60～80%暴雨集中出现在这个时期，而且强度很大。这种春旱夏涝的气候特点，对农作物、特别是对玉米的生长发育很不利。据统计资料，夏玉米在7月上、中旬降雨总量大于150毫米，而且连续两天降雨大于50毫米，在一些地区造成玉米“芽涝”的年份，每三年一遇；在7、8月份降雨急而过多，造成玉米“夏

涝”的年份，也是三年一遇。所以，对玉米来说，既要根据玉米需水规律适时进行灌溉，也要注意排水防涝。

根据玉米的需水规律，要在玉米播种前、拔节期、孕穗阶段和灌浆阶段进行灌溉。但在不同地区和不同年份，还要根据降雨情况因地制宜，灵活运用。

1.播种前灌溉

玉米种子发芽和出苗最适宜的土壤水分，一般在土壤田间持水量的60～70%。据试验，玉米播种时土壤田间持水量为41%时，出苗困难；田间持水量为48%时，出苗率为10%；田间持水量为56%时，出苗率为60%；田间持水量为63%时，出苗率为90%；田间持水量为70%时，出苗率为97%；而田间持水量达78%时，出苗率反而下降到90%。所以播前适量灌溉，创造适宜的土壤墒情，是玉米保全苗的重要措施。黄淮海地区春玉米地冬前耕翻整地后一般不进行灌溉，春季气候干旱，春玉米播种前要进行灌溉，足墒下种。套种玉米在麦收前25～30天结合给小麦灌水，为玉米播种造好底墒；或者破埂作畦，单独给套种玉米浇足底墒水。夏玉米播种时农活紧张，只有在收小麦较早、水源充足的地方灌水耕翻整地。一般是在麦收前7～10天给小麦浇一次“麦黄水”，不仅促使小麦籽粒灌浆饱满，千粒重增加，而且有利于夏玉米抢时足墒播种。

2.拔节期灌溉

玉米拔节期正是茎叶旺盛生长、雌穗开始分化的时期。此时气温迅速升高，叶面蒸腾量大，需要供给较多的水分和养分。这时最好结合追肥进行拔节期灌溉。麦行套种玉米应结合小麦灌溉浇一次麦黄水，起到“明浇小麦暗润玉米”的作用，解决小麦和玉米争水的矛盾。这一时期应使土壤田间持水量保持在65～70%，使玉米形成适宜的绿色叶面积，提高光合生产率，生产和累积更多的干物质。农民称这一水为“保收水”。

3.孕穗期灌溉

玉米从拔节直至雌穗吐丝受精这一阶段是玉米一生中需水最多的时期，一般占总需水量的30～40%，每日平均需水量3.0～3.5立方米。黄淮海平原有些年份降雨量不能满足玉米生长发育的需要，特别是春玉米容易造成“卡脖旱”，雌雄穗发育不良而造成严重减产。这时应根据玉米植株长相和土壤水分状况，及时灌溉，保持土壤田间持水量70～80%。

4.灌浆期灌溉

玉米雌穗受精后进入籽粒形成和灌浆期，绿色叶片需要大量水分和养分进行光合作用，并把生产和积累的有机物质运输到籽粒中去。据试验，春玉米这一阶段需水量占总耗水量的22%左右，一昼夜每亩耗水2～3立方米；夏玉米这一阶段需水量占总耗水量的20%，一昼夜每亩耗水为2～3立方米。灌浆期缺水，常造成籽粒瘪小，粒重降低。黄淮海平原地区农民有“春旱不算旱，秋旱减一半”的谚语。发生秋旱，应及时进行灌溉，使土壤田间持水量保持75%左右，确保青秆绿叶，活秧成熟，预防早衰，使养分源源不断地运往籽粒。据试验，灌浆期灌溉一般可增产10～15%，在干旱年份增产效果更为明显（表11-10）。

玉米一生需水较多，但不耐涝。在土壤田间持水量超过80%以上时，对玉米生长不利。特别是在玉米幼苗期间，土壤水分过多，影响更大。在土壤多湿缺氧环境条件下，玉米根系生长发育不良，吸收养分和水分都发生困难，而且不利于土壤好气性细菌的活动，影响矿质元素的分解和供应；而嫌气细菌的活跃，大大增加了土壤中的有机酸和无

表11-10　玉米穗籽粒建成期灌溉对产量的影响

处　理	株高（厘米）	青体与籽粒重量比	产量（公斤／亩）	增减（%）
不浇水（对照）	190.2	1.69∶1	223	100.00
浇拔节水	211.4	1.70∶1	274	123.15
浇孕穗水	229.4	1.25∶1	397	178.43
浇灌浆水	197.5	1.31∶1	335	150.34
浇孕穗和灌浆水	220.8	1.07∶1	452	203.15

机酸，增强土壤溶液的酸度，直接影响玉米对矿质营养元素的吸收。在嫌气条件下还容易产生一些有毒的还原物质硫化氢等，直接危害玉米根系。所以玉米生育后期在高温高湿条件下，根系常因缺氧而死去，叶片变黄，植株枯萎，严重影响玉米生长发育，降低产量。

黄淮海平原7～8月份的高温多雨季节，在地势低洼，排水不良的地区对玉米生长发育十分不利，比较集中的暴雨过程也容易使玉米遭受涝害。因此，在每年制订玉米灌溉计划时，还要重视田间排水工程，加强农田水利建设，整修排水灌渠系统，做到旱能灌，涝能排。在低洼易涝地区农田中采用挖穿心沟的排水方法，还可以因地制宜采用垄作、台田栽培玉米的方式。在玉米生育期间结合采用勤中耕、高培土的措施，也可防止玉米遭受涝害。

四、隔行去雄，适期收获

1.隔行去雄

玉米隔行去雄，就是在玉米雄穗刚刚露出顶叶还未散粉的时候，隔一行(或隔一株)拔去雄穗，使养分集中供给果穗，一般可以增产6～10%。

隔行去雄增产的原因：第一，植物维持生命活动和生长发育所需要的能量及物质，是通过呼吸作用消耗体内有机物质提供的。研究证明，玉米生殖器官的呼吸强度，比营养器官高得多，例如花序的呼吸强度比叶片高3～4倍，花中的雌雄蕊则更高。开花前夕呼吸强度增高，消耗大量养分。去雄后叶片合成的养分集中供给雌穗，促进了雌穗发育。玉米去雄后，果穗长得大，每穗粒数和粒重显著增加，空秆率降低；特别是一些弱株，去雄后可将供给雄穗开花的养分转而供应雌穗。去雄还使雌穗吐丝提高，促使雌雄花期相遇，授粉良好，增加粒数，提早成熟。第二，玉米去雄后，植株矮了30～40厘米，通风透光好，增强中、上部叶片光合作用的能力，有利于提高粒重，并为增加玉米密度创造了有利条件。第三，玉米去雄，还可以减轻玉米螟的危害，因为玉米螟多集中在幼嫩的心叶里，危害雄穗，再往下蛀食茎秆和果穗。去掉雄穗就会减轻虫害。据调查，隔行去雄的玉米植株比不去雄的植株玉米螟数量减少45%，蛀孔率减少37%，而粒重增加了15%。

玉米隔行去雄已在生产实践中证明是一种行之有效的增产技术，但还要掌握好几项技术要点。①去雄时期。当玉米雄穗刚露头尚未开花散粉时去雄最适合。这时植株尚矮，雄穗脆嫩，很容易拔出。去雄过晚，容易拔掉叶片和折断茎秆。而且由于雄穗已经

散粉，作用不大。第一次去雄，应选在晴天上午9点至下午4点之间，伤口容易愈合。以后每隔1～2天去一次，共去3～4次。②去雄方法。平播玉米可以隔一行去一行或二行，套种玉米可以隔行或隔株去雄，大面积高密度的玉米可以适当多去雄，尽量把第一、二天露头的雄穗全部去掉。去雄时注意拔除劣株、弱株、虫株的雄穗，以便集中养分供给雌穗，减少空秆。③去雄数量。要看天看苗灵活决定。如天气良好，玉米生长整齐，虫害轻，套种玉米去雄数量可占全田的30～40%，平播玉米可增至50～60%。如果天气干旱，玉米生长不整齐，花粉数量少，去雄数量一般不要超过全田的三分之一。注意靠边二行和迎风面二行不要去雄，以免影响授粉。玉米隔行去雄如果再辅以人工授粉，效果更好。④隔行去雄主要是去掉刚抽出的雄穗，千万不要把叶片去掉。因为玉米植株顶部叶片对籽粒灌浆有很大作用，去掉叶片会降低产量。据试验，套种玉米隔行去雄可增产9.8%，而去雄带一叶反减产2.3%，去雄带二叶减产5.2%，去雄带三叶减产12.5%。因此，去雄技术掌握不好，会得到相反的结果（表11-11）。

表11-11　玉米隔行去雄对产量的影响

（中国农业科学院作物研究所，1980年）

处　　理	穗粒重(克)	亩产(公斤)	减产(%)
正常株（对照）	177.4	346.0	100.0
去雄株	191.3	373.0	+9.8
去雄带一叶	173.3	337.9	−2.3
去雄带二叶	168.3	328.2	−5.2
去雄带三叶	155.2	302.7	−12.5

注：套种玉米品种为京杂6号

2.适期收获

玉米产量最终表现在粒重上，在玉米粒重达到最大值时适期收获，可以获得最高的产量，收获偏早或偏迟，都会使产量降低。

黄淮海平原春玉米籽粒乳蜡熟期正处在高温条件下，夏玉米籽粒乳蜡熟期又常常遭遇低温冷害，对玉米籽粒灌浆和成熟都有一定的影响。因此，为了确定玉米适期收获的界限和在生产上有效的收获方式，设置了在籽粒乳熟期、蜡熟初期、蜡熟末期和完熟期分期收获试验，其中又分三个收获方式处理：①收获后立即去穗脱粒，取样烘干称量鲜重和干重，测定千粒重；②收获后去除果穗风干后脱粒，测定千粒重；③收获后竖堆囤秧，待茎叶黄枯后去穗脱粒，测定千粒重。试验结果表明，在4个收获期处理中，春播玉米以蜡熟末期收获产量最高，蜡熟初期收获次之，完熟期收获产量最低。这是因为春播玉米籽粒灌浆后期温度偏高，光合产物低于呼吸作用的消耗，在千粒重达到最大值后趋于稳定。套种玉米有相同的趋势，只是在完熟期收获时籽粒的千粒重仍在增加，但增加速度极为缓慢，从经济合理利用农时考虑，仍以在蜡熟末期收获较为适宜。夏玉米籽粒灌浆期处在9月份气温急剧降低的条件下，千粒重未达到最大值，如果按该品种标准生育期作为适时收获日，减产6～10%；若延迟5～6天收获，增产也不到3%，从适时播种小麦和全年增产考虑，应以早收为宜。

在脱粒、风干和囤秧三种收获方式处理中，均以竖堆囤秧处理千粒重最大，风干果穗千粒重次之，收获后立即脱粒的千粒重最小。这是因为植株茎叶和穗轴中易溶和流动性的物质连续不断地向籽粒运输，提高千粒重，特别是夏播玉米，籽粒灌浆阶段气温偏低，采取竖堆囤秧的收获方式，增加粒重的效果尤为明显。春玉米和套种玉米在蜡熟末期和完熟期收获时，由于千粒重已达到最大值，三种处理的产量没有十分明显的差别。

从玉米灌浆进程和收获方式试验可以认为，玉米籽粒也有一个短暂的后熟期，以使

茎叶和穗轴中积累的营养物质能输送到籽粒中去。根据气候条件和种植制度情况，春玉米和套种玉米由于籽粒有效灌浆期比较长，气温适宜，一般可以不采取竖堆圙秧收获方式。只有夏播玉米籽粒灌浆期易遇低温，延迟成熟，影响后作小麦播种。采用竖堆圙秧的收获方式，有利于提高籽粒千粒重，但这种方式毕竟费工占地，也影响机械作业，只能在较小的面积上实施。

第四节　粟的生物学特性与栽培技术

一、粟品种适应性及栽培状况

黄淮海地区冬、夏季季风交替频繁、冬季寒冷干燥，夏季炎热多雨。北部地区实行两年三作，以春粟为主，南部可以一年两熟，春、夏粟均有。近些年提倡耕作改制以来，夏粟发展迅速，目前，夏粟已成为本区粟作物的主要种植方式。只在山区或旱地尚保留一些春粟。粟的种植方式，有小垄窄行和宽行大垄之分，不论那种方式，都留苗较多，管理较细致，收获后种冬麦。品种多数为早、中熟品种，晚熟品种较少。夏播粟生育期80～100天，春播粟为110～120天。

由于黄淮海地区在地理位置上南北相距千余公里，跨越纬度近10度。因此，气候和栽培制度有较大差别。通常最南端和最北部之间引种不易成功，但由于平原无自然屏障，因此本区不易详细划分，而呈逐渐演变状态。大体说来，京唐一带为北区，陇海铁路以南为南区，过渡区又随地形和灌溉条件之不同形成石家庄到新乡一带的夏粟高产区，冀鲁豫低洼盐碱地的春粟区，山东夏粟发展区。而洛阳老夏粟区与豫北老灌区比较接近。近二十年来在黄淮海区内，夏粟发展、春粟减少十分明显，因此在注意发展和选育优良夏粟品种的同时，还应保留和恢复一部分春粟，特别在水肥条件不能满足时，要注意作物种类的平衡。由于本区的温度、光照和雨水与粟生育同步发展，因此粟前期生长繁茂，但到后期往往受涝害和病虫侵袭，遭到倒伏导致减产，因此在本区宜选用多抗性、适应性较广的良种。

二、粟的生物学特性

1.粟与水分

粟是一种耐旱作物。每形成一克干物质只需要水分271克，而高粱需水332克，玉米需水368克，小麦需水513克。所以粟在我国北方干旱地区的生产中占有重要的地位。粟一生中对水分的需要表现为苗期耐旱，拔节——抽穗期喜水，灌浆——成熟期既怕旱又怕涝的生物学特性。

粟幼苗可以忍受较长久的干旱。当干旱发生时，幼苗呈假死状态，叶片纵卷，减少水分蒸发。得到水分以后，经1～3小时展开卷叶、恢复生长。植株越小，恢复越快。粟的耐旱能力，主要是指这一时期。粟幼苗期干旱，不致影响后期的收成。所以在农业生产过程中，还用“蹲苗”的方法，促使茎长粗、根深扎、植株矮壮，增强后期抵抗旱、涝、倒伏危害的能力。

粟拔节到抽穗期需水约占全生育期需水量的50～70%。拔节以后，植株地上部分迅

速生长，同时幼穗分化，需水量逐渐增加，到抽穗期达到最高峰，所以农谚说的"拖泥秀谷"是有道理的。如果在穗分化前期发生干旱，会影响穗枝梗和小穗分化，出现小穗、秃尖现象，使穗粒数减少。如果在穗分化期遇到干旱，会使花粉发育不良，造成大量空壳秕粒，甚至抽不出穗来。造成"胎里旱"和"卡脖旱"。这一时期缺少水分，就保证不了植株茎叶迅速生长和穗分化的顺利进行，导致减产。

开花以后也需要较多的水分，这一阶段水分的多少影响着籽粒的饱满度。开花到结实初期，需要较多的水分，去制造和累积大量养分，并运送到籽粒中去。若发生干旱，穗重会大大减轻；若降水过多，会增加空壳和秕谷。灌浆到成熟期，粟植株喜晒怕涝，若阴雨连绵，光照不足，植株生活力减退，会出现"死熟"现象，引起减产。所以农谚有"谷怕秋后旱"、"晒出米来、淋出秕来"之说法。

黄淮海地区播种的春粟或夏粟，幼穗分化和伸长期通常遇雨季来临、能满足粟对水分的需要，而在雨水分布不匀的年份对粟产量影响很大，必须依照粟需水的生物学特性，创造良好条件，争取稳产高产。

2.粟与温度

粟是一种喜温作物，要求在较高温度下生长和发育。粟的春化阶段，通常在自然条件下完成，春化处理效果不甚明显，但粟在生长过程中都需要较高的温度。早熟种大约需要大于10°C的积温1600～2400°C，中熟种需要1700～2550°C，晚熟种需要1850～3100°C。黄淮海区从5月到8月是适于粟生长的最好季节。

当土壤含水量适宜时，粟种子在田间10厘米深的土层内，温度愈高，发芽日数愈少。土壤温度低于5°C，粟种子不易发芽，低于10°C，发芽缓慢。当土壤温度升到10～15°C，经7～12天发芽；当土壤温度升到20°C，仅需3天，芽可出土。粟发芽最适温度为24°C，最高为30°C。

粟在不同生育阶段，要求温度不同。幼苗期较耐低温。试验证明，0～2°C幼苗受冻，甚至死亡。当气温升到5°C时，幼苗生长缓慢，近于停滞。拔节期需要较高温度。气温越高，拔节到抽穗期间的天数越短，反之气温低，生长缓慢，且延迟抽穗。据河南新乡农科所观察，"新农724"品种从拔节到抽穗，平均气温28.8°C，需要生长23天抽穗；气温降低到25.4°C，抽穗延长到35天；气温降到20°C以下，抽穗延长到43天；当气温下降到13°C以下，则不能抽穗。幼苗从开始分化到开花，需要24～25°C的高温，开花到成熟对温度要求逐渐减低。但在灌浆期若每日平均气温降到15°C以下，会全部成为秕粒。

温度也是植株根系发育的主要条件之一。据观察，在20～25°C的地温条件下，根系比在15～19°C地温下发育得好，两者根系垂直发育深度相差7.8厘米。

3.粟与光照

粟是喜光作物。光照较强，形成干物质多，植株生长健壮，产量高。粟在整个生长过程中都表现喜光的特性。

70年代以来，研究表明，粟具有C_4作物的特点，其叶片维管束内有叶绿体，光合作用最初产物为苹果酸生成型，其净光合强度较高，明显超过小麦，CO_2补偿点和光呼吸则比较低，粟光合作用需光量较大，表现在光饱和点和光补偿点较高上，故良好的光照条件对粟的生长起重大作用。

粟是典型的短日照作物，对日照时间的长短反应敏感。日照缩短，能提早抽穗；日照延长，抽穗推迟。据中国农科院品资所陈家驹研究，粟在出苗后5～15天进入光照阶段，对不同生态地理群，品种发育时期早晚不同，内蒙古高原和黑龙江省北部地区品种发育最早，出苗后5天进入光照阶段，黄土高原和黑龙江省中部品种出苗后7～10天进入光照阶段，而华北平原和东北平原品种在出苗后约15天进入光照阶段。

不同品种对短光照反应不同。一般早熟品种，通过光照阶段的时间短，对光照条件要求不严格，对光照反应不很敏感。如麦收谷和小旱谷，经短光照处理的与不处理的（对照）在同一天抽穗。而晚熟品种通过光照阶段时间长，对光照反应敏感，对短光照条件要求严格。如在北京给予10小时短光照能提前抽穗15～30天。春播粟品种较夏播粟对短光照反应敏感，红绿苗品种比黄苗品种对短光照反应强烈。

了解粟品种光照阶段的长短和对光照反应的强弱，在生产实践中有重要意义。当引种和换种时，必须考虑品种的日照特点。一般将低纬度地区的品种引到高纬度地区种植，或把海拔低的地区品种引到海拔高的地方种植，往往发生植株变高，抽穗延迟，表现晚熟。相反，把北方的品种引到南方或高山地区的品种引到平原地区种植，表现生长发育快，植株变矮，提早抽穗，产量降低。

粟在通过光照阶段时，对温度条件有一定反应，低温对粟通过光照阶段不利，表现出抑制作用。

4.粟与肥料

粟在生长发育过程中，不断地从外界环境里吸收营养元素。已知氮、磷、钾、硫、钙、镁、铁、硼、锌、锰、铜、钼、氯、硅、碳、氢、氧17种元素为作物生长所必需。其中碳、氢、氧被称为非矿质元素，其他称为矿质元素。除氮、磷、钾外，粟所需的矿质元素很少，一般土壤中的含量已能满足要求，但粟对氮、磷、钾三元素的需要量却很大，土壤中的含量远远不够。据西北农学院测定，春粟每50公斤籽粒，约从土中吸取氮2.35公斤、磷0.8公斤、钾2.85公斤，夏粟每50公斤籽粒，从土壤吸取氮1.25公斤、磷0.6公斤、钾1.2公斤。可见若不补充施肥，很难满足粟生长的需要。

不同生育阶段粟对氮、磷、钾三元素有不同的要求。

（1）氮　在粟的生命活动中占首要的地位，它是构成蛋白质、叶绿素的主要成分。氮素不足时光合作用功能降低，茎叶枯黄，植株生长发育不良，产量很低。增施氮肥，能增加绿叶面积，防止叶片早衰和枯死，延长光合作用的功能时期，制造积累更多的营养物质，充实籽粒。但是氮素过多，茎叶旺长，组织柔嫩，贪青晚熟，招致倒伏和病虫害，降低产量。因此必须了解和恰当地掌握粟一生中对氮素的需求规律。粟不同生育时期需氮量不同。根据吉林农业大学研究，粟在分蘖期吸收氮量只占全生育期的7%，拔节期增加到18%，幼穗分化期吸收氮量已达62.4%，抽穗期吸收氮量仍很多，其积累量达84.4%，抽穗后，吸收能力大大减弱。河北省农科院李东辉研究指出，应用氮素的效果与施用时间关系很大，拔节期多施氮肥，植株体内氮素含量增高，氮素代谢水平提高，施肥效果好，施用时期过早，植株徒长，消耗大量营养物质，导致后期氮素不足。穗分化期增加氮素，不但能提高氮素代谢水平，也能维持适宜的碳氮比，有利于促进幼穗分化和充实籽粒。开花期增施氮素会出现器官之间氮素分配不平衡，增加氮素含量，表现贪青晚熟。

（2）磷　是粟生长发育的重要元素之一，是构成原生质和细胞核的重要成分，磷

与粟的生长发育关系密切。从长叶到孕育幼穗，从灌浆到籽粒成熟都离不开磷。磷在植株体内参与能量物质的转化过程，促进根系发育，增加有效分蘖数，加快成熟和提高籽粒重量，缺少磷时，幼苗根系发育不良，生长缓慢，叶片变红，秕籽增加。

粟在各生育时期对磷吸收能力不同，在抽穗到灌浆期吸收最多。据示踪观察，不同生育阶段吸收磷的总量大致为抽穗期＞灌浆期＞成熟期＞拔节期＞分蘖期。

磷素在植物体内随生育期的变化进行调配，其分配数量最多的部位正是当时生长最盛、活动最强烈的器官。在生长前期，营养器官、幼茎、幼叶中磷最多，抽穗后磷素向生殖器官转移，向穗部集中。据张家口农科所分析，粟在黄熟时期全磷含量，籽粒为7.96%，穗为7.79%，叶片为0.55%，茎为0.49%，叶鞘为0.56%，根为0.86%，说明磷素随生长发育而转移，穗和籽粒中磷素的来源，主要是生育期间营养器官积累磷素的再利用。

（3）钾　是构成粟茎杆和籽粒的重要元素之一。缺钾时，植株矮小，茎叶柔软，叶片变黄，抗倒伏和抗病能力均减弱。粟幼苗期吸收钾较少，拔节到抽穗前吸收量逐渐增加，抽穗后逐渐减少。我国农民在耕作中，大量采用农家肥作底肥，其中含有十分丰富的钾元素，一般不再单独补施钾肥。在土壤缺钾的地区，补充钾肥应在播种前施用比较适宜。

5.粟与土壤

粟对土壤要求不严格，轻粘土、壤土、沙壤土，甚至沙土都可种粟，最适合粟生长的是土层深厚，质地轻松而富于有机质的土壤。粘土地种粟，保苗比较困难，收成并不坏。山岗薄地不能种玉米等高秆作物的土壤，种粟却有收成。可见粟的适应能力很强，能在各种土壤条件下生长良好。粟最适合在中性或弱碱性的土壤中种植。粟作物的抗碱性不如高粱、黍稷和棉花。粟在酸性土壤中种植，比小麦、大麦、大豆等作物耐酸性强，但不如黑麦、芝麻、荞麦和油菜。在酸性的红壤中种粟施用氮素化肥和磷肥效果很好。

粟的耐盐性较差，粟种子在土壤含盐量为0.4%时，有半数种子不发芽，含盐量超过0.5%，几乎不发芽。幼苗耐盐性亦差，在土壤含盐量为0.3%时，幼苗成活率减少一半。盐分含量超过0.4%，幼苗黄弱，甚至生长停滞。但在以氯化物硫酸盐为主的盐碱土中，含盐量0.2～0.3%时，采用刮盐热犁、热种、开沟播种等办法，粟也能长好。而在碳酸根较高的盐碱土，盐分含量只要达0.2%则不能种粟。

土壤的适宜孔隙度与粟根系生长和发育有密切关系，土壤过于紧密，空气缺乏，不保墒，养分分解不良；土壤过松，孔隙度大，水分大量蒸发，容易受旱，常使幼苗"悬空"而死，也不利于抗倒伏。据黑龙江省松花江地区农科所测定，适于粟生长的土壤松紧度为1.20～1.25的容量范围，其固相体积与总孔隙比是1：1，毛管与非毛管孔隙比为10：1。

三、粟的栽培技术

1.换　茬

我国著名农书《齐民要术》上记载"谷田必须岁易"。农谚也有"倒茬如上粪"、"重茬谷、坐着哭"的说法，这都强调粟不宜重茬。为什么粟怕重茬呢？据调查其原因有二：①重茬地谷莠杂草多。谷莠生命力强，成熟早，易落粒，苗期长相与粟苗很难分

辩，间苗时不易拔除，影响产量，所以农谚说“一年种谷三年莠”；②重茬地病害多，特别是由土壤传播病菌和病害，如白发病。试验证明，轮作一年的粟田，白发病株由38.3%降低到3.7%，轮作三年后降低到0.5%；③换茬能充分发挥肥效，有助于恢复地力。不同作物所需要的养分不同，吸收土中肥料的层次也不一样，粟是须根作物，主要吸收表层养分，需吸收较多氮肥，而大豆是直根作物，易吸收深层养分，吸收磷肥较多，换茬可以调整土壤养分的供给。如果必须连作时，可采用种植不同苗色的品种，来减少莠草的危害。

调换粟茬要根据各地耕作制度和作物种类来确定。在黄淮海地区的北部，是两年三作制，既种春粟也播夏粟，而南部则多为一年两作制，主要种夏粟。春粟以甘薯、大豆、玉米、高粱、棉花等为前茬；夏粟则多以小麦、大麦和豌豆为前茬。

2.整　地

粟对土壤要求不严格，但对整地质量要求比较高。粟籽很小，整地须匀细平坦，保墒良好，没有杂草，才会发芽整齐，苗齐、苗壮。黄淮海地区春粟和夏粟，因播种时间不同，整地方法也不同，一般说来，春粟需要进行秋耕或春耕，夏粟在麦收后立即整地，灭茬和耙耱。

（1）秋　耕　秋耕可以改良土壤，提高产量。耕深以22～26厘米为宜。由于耕翻，加厚了土层，使土壤发虚，增加蓄水保墒能力，能防旱和抗旱。土壤经过一个冬天的风化，能释放出被作物吸收的矿质养分，还能消灭杂草，冻死越冬害虫，因此秋耕是粟高产的基础。秋耕后必须及时耙耱，保持水分，尤其在冬季雨雪较少的地方更为重要。当然秋耕也要依照当地土壤情况灵活掌握，如粘土地不易保墒，又易结坷拉，所以应该随耕随耙；沙壤土可适当晚耙地，而飞砂地和刮碱地，不一定强调秋耕。有水利条件的地方，秋耕后进行冬灌，初春顶凌耙地保墒效果更好。

黄淮海地区春季多风，遇到旱年，很难抓苗。可以学习山西晋庄采用的“秋耕壮垡”、“三墒整地”的经验，借秋雨为春用，解决春季抓苗难的矛盾。所谓“秋耕壮垡”指秋收后先浅耕灭茬，施足底肥，再深耕。这样做的好处是：①有利于蓄水保墒；②改春施肥为秋施肥，防止春季跑墒；③熟化土壤，提高地力；④可以抗旱增产。“三墒整地”，指在土壤解冻时顶凌耙耱；打碎坷拉、实行镇压；播种前浅耕一遍。经过三墒整地的土壤，可以达到细、透、平、融、上虚下实。当然“三墒整地”也需要根据具体情况灵活运用，如果太旱，可以多耙而不耕，如果多雨则稍耕翻放墒。

（2）春　耕　在没有来得及进行秋耕的地块，春耕亦有增产效果。春耕的目的在于消灭杂草，疏松土壤和施入基肥。根据本区春天风多、雨雪少、蒸发量大、气候干燥的特点，春耕越早保墒越好。耕深不宜超过秋耕深度，耕后应立即耙耱，防止水分失去。

（3）夏粟灭茬整地　夏粟仅有80～100天的生育日数，而麦收期间雨量少、气温高、土壤水分丢失很快，劳力又紧张，因此合理整地成为抢种保苗的关键。夏种常和夏收挤在一起，因此夏种比较粗放，通常在夏收后，结合灭茬耙地。若墒情尚好，要立即抢种；若土壤干旱，可采用干耠湿种或干土寄籽等抗旱播种方法。在有灌溉条件的地方，要随收、随浇、随种，而不必耕翻。

3.播　种

在播种前对粟种进行精选和处理，选出高质量的种子是保苗的有效措施。播种所用的

粟种最好选用头一年收获的新种子。对由外地调来的种子或在阴雨天收获、贮藏条件不好、受潮的种子，特别注意作好发芽试验。如果发芽率低于90%以下，应适当增加播种量；若在70%以下，则不应做为种子。晒种可以促进种子的后熟，杀死附在种子表面的病菌，提高种子发芽率和发芽势。晒种应在播种前4～5天进行。种子的风选、水选或筛选是获得纯净饱满种子的好办法，可以消除秕粒、破粒和杂草种子，提高种子质量。在黑穗病、白发病常发区，播种前可以用种子重量0.4%、浓度为25%的瑞毒霉素拌种，混用农抗769或克菌丹，可以兼治两种病害，也可以用58°C的温水浸种10分钟，杀菌效果显著。

适时播种是获得丰收的重要环节。粟播种期应根据各地无霜期和使用的品种来确定。春粟多在立夏前后种，夏粟在芒种到夏至前播种。我国农民已总结出“春粟不宜过早，夏粟不宜过晚”的播种经验，说的是粟的生长、生育期应与自然条件协调一致，使其免遭干旱、病虫等不利因素的威胁，从而取得高产与稳产。夏粟生育期短，播种正值高温季节，应抢墒争时，在前茬收获后立即播种。

播种量：每亩播1.5斤种子，能保证全苗。播量过多，苗拥挤，易形成弱苗，根系交错，间苗费工，质量差，造成缺苗断垄。随着农业现代化水平的不断提高，精量播种法已试验成功。在土质好、墒情足、整地精细、地下害虫少的地方，可采用精量播种或半精量播种，这样可以培育壮苗，并节省间苗用工。精量播种的籽粒数要求至少保证留苗数的一倍以上，同时应具备良好的农机具和配备训练有素的技术人员。做好均匀下籽、株距一致、高质量的种植。但在盐碱地、粘土地、旱地及地下害虫多的地方切忌采用精量播种，而应加大播种量，方能保证全苗。

播种方式：主要是条播。在本区内，由于自然条件、耕作制度以及农机具不同，而采用不同播种方法，主要是耧播，也有撒播和机播的。耧播保墒好，出苗齐。机播行距一致，下种均匀，出苗整齐，工作效率高。行距一般25～40厘米不等。粟种子小，拱土力弱，应该浅播，一般以3厘米左右比较适宜。夏种时或墒情好的也可再浅些。旱地种粟后，应及时镇压，使种子与土壤接触紧密，提高出苗率。若墒情差、沙土含水量低于10%，壤土低于15%的，应采用抗旱播种法，如在表土层8厘米深处，土壤含水量低于4%，可采用干土寄籽法，即先将坷拉打碎，耙耢整平、压紧，再把种子播在干土层中等雨，出苗后应加强管理，促进生长发育。

有些地区，种夏粟采用移栽的方法。移栽适于在肥、水条件好、劳力多的地方推广，移栽粟成熟早，可以腾茬，并能增产3～4成。移栽一亩粟，需0.5～0.8分地苗床，苗床期30天可移栽。移栽前10天苗床忌雨水，可小面积遮雨。移栽前一天浇透水，当刚长出嫩根时，随拔、随栽。栽后随即浇水，过2～4天再浇两水，保证幼苗成活。

4.保　苗

粟籽粒很小，幼芽细弱，如不注意保苗就容易造成缺苗断垄。农谚“见苗三分收”说的就是保苗的重要性。做好保苗工作是获得丰收的基本条件。在粟播种过程中，即使有良好的耕地、精细的播种，但在幼苗出土时，由于气候条件和管理不善，仍然会发生“板结”、“灌耳”、“淤垄”或“烧尖”，而招致缺苗断垄。怎样才能保全苗，培育壮苗呢？作法是：（1）“防止土地“板结”。粟播种后遇雨，土壤表层形成硬壳，粟幼芽顶不出土，而蜷曲在硬壳下面，如不及时破土，幼芽将蜷曲变黄，甚至死亡，造成缺苗。防治办法：可用刺猬砘子镇压，破坏硬壳，助苗出土。如果幼芽已接近出土，砘压

可在下午幼芽水分较少，韧性较强时进行，避免伤芽；2.防止“灌耳”和“淤垄”。粟长出1～2片真叶，称为猫耳叶时期。若遇暴雨、泥浆灌入幼苗叶心，幼芽腐烂致死，称“灌耳”，泥土把幼苗淹埋称“淤垄”。发生“灌耳”和“淤垄”的幼苗即使不死，也难于长大，将造成减产。防止方法：应在播种后把地耙平、耙实，不再有播种沟，如水浇地要刮好畦田，壕沟播种的，沟要宽些，沟底做成中间高两边低，杜绝“灌耳”和“淤垄”的发生；3.防止烧尖。在土壤很松，墒情不足的地块，粟幼芽出土遇到表土高温，幼芽干枯死掉称“烧尖”。防止办法：应保好墒，使土壤有足够的水分，在幼苗出土前估计有发生“烧尖”的可能时，在水浇地上可于播种后三天浅浇“蓄水”，使幼芽随湿泥出土。在旱地可以砘地提墒，减少土壤厚度，使种子和土壤密切接触。也有用不浸种和浸种两类种子混合播种的人工，造成出苗不一致，躲过土表高温时出苗。

5.间苗、中耕

粟出苗数是留苗数的6～8倍，所以幼苗相当拥挤，相互争水、争肥和争光。如不适时早间苗，就发生“苗荒”；同时，粟幼苗期生长缓慢，垄背宽敞，阳光充足，杂草乘机生长，发生“草荒”。适时早间苗可以改善株间光照等生态条件，提高幼苗光合作用，促进植株体内糖氮代谢，使苗壮，增产。据试验，适时早间苗比晚间苗增加10～30%的产量。在粟苗3～5叶期间平均每推迟一天间苗减产1.75公斤，6～7叶期间平均每推迟一天间苗减产7.9公斤。粟间苗最适宜时期是在幼苗4～5叶期进行。

粟的留苗方式，常见的有单株留苗和丛留苗两种。单株苗株距基本相等，丛留苗每丛3～5株，丛距15～20厘米。

粟一生通常中耕三遍，应掌握“头遍浅，二遍深，三遍不断根”的原则。第一次中耕结合间苗进行，松土除草围苗；第二次中耕在拔节以后结合追肥进行，深度一般为7～10厘米，“控瘦根,长肥根”,起促控的作用；第三次在孕穗期，结合追肥浇水进行，一般5厘米左右深。同时进行培土，防止倒伏。

6.合理密植

施行合理密植能充分利用土地肥力和光能。粟是C_4植物,利用强光能力较强，利用弱光能力较差,粟种植的合理密度除取决于土壤肥力、品种特性外,还与地理生态条件、气象因素及栽培技术等有密切关系。在黄淮海平原北部，以耧播为主。品种多为高秆、大穗型，适宜密度偏稀。薄地每亩2万株，中等肥地为2.5～3万株，如果是大小行或垄沟种植，每亩可增加到3～3.5万株。在平原南部，雨量较多，气温较高，粟多为夏种，适宜密度较高，每亩5～6万株，个别早熟品种密度可达7～8万株。

合理密植是提高粟产量的重要措施之一，但要因地制宜。在原来密度过稀的地区，做到合理密植，增产效果显著，而留苗过密单株生长不良，也会导致减产。

7.施　肥

种在干旱、贫瘠的土地上粟比玉米、高粱等作物有较好的收成，说明粟具有耐瘠的特性。但不可误认为粟不需要肥料，反之，粟对肥料反应非常敏感，增加肥料，增产效果十分显著。据试验，大体每亩施入500公斤较好的圈肥，可增5～15公斤籽实产量。许多获得400～500公斤高产的粟田，通常是施用了0.5万公斤以上的优质有机肥，并配合适量的氮、磷化肥。粟一生需肥表现“前少、中多、后适中”的特点。鉴于粟田普遍肥料不足的现状，应该做到经济合理地用肥。

（1）底　肥　常言说“三追不如一底”，是说施底肥的重要性。底肥的作用在于以粪肥土，培养地力，使苗茁壮，有深扎的根系，为丰产创造条件。所施用的底肥，以有机肥最好，其中含有丰富的氮磷钾三元素，肥效持久并能提供多种营养成分。腐熟的农家杂肥、饼肥配合磷素化肥也是比较理想的基肥。在目前的生产水平，每亩施粗肥2500～3000公斤，配合适量的氮、磷化肥可得到较好的产量。据研究，施用的粗肥不宜过多，在粗肥中含有大量的有机酸、硫化氢、二氧化硫等，有害于粟的根系发育。基肥的施用深度，根据耕层和肥料多少而有所不同。若耕层较深，肥料亦多，最好能分层施入土中，反之应将肥料集中在耕层沟播的部分，做到经济用肥。

（2）种　肥　粟籽胚乳贮藏的养分较少，粟苗三叶以后，种子胚乳被消耗殆尽，小苗吸肥能力很弱，急需吸收容易利用的养分，底肥不足时施用氮素种肥，能明显地提高产量。据试验每亩施用2.5公斤硫酸铵，增产6～9%。可以把种子与肥料混合一起施入土中，如果土壤较湿，最好种子肥料分别撒入，防止烧坏种子。

（3）追　肥　粟除了需要施底肥，补充种肥以外，为了获得高产还要施用追肥，尤其夏种粟，没能施入底肥的，追肥更为重要。粟在小穗分化阶段需要大量的氮、磷、钾，及时追肥，满足幼穗发育阶段所需的养分，是夺取高产的重要措施。试验表明，每斤硫铵,平均可增收2～2.5公斤籽粒。另据试验,每施500公斤尿肥（加水施用），亩增产种子2.5～50公斤。追肥适期,按照粟的需肥规律在粟需肥临界期,即抽穗前10～15天的小花分化期，追肥效果最好。可以充分保证花粉发育及开花受精，减少秕谷，增加产量。追肥数量，如果土壤中底肥充足，每亩追施10～15公斤。在粟孕穗期一次施入，如果土壤肥力不足，可亩施20～25公斤，分两次追施，拔节后追施10公斤，抽穗前再追施10～15公斤。施肥时要注意土壤水分情况，旱地应在雨后施肥，水地应追施后及时浇水。如果追施腐熟的有机肥可结合中耕、深锄，把肥料埋入土中。

追施方法除了土壤追施外，还可根外追肥，特别是磷和硼等的后期叶面喷施，对提高粟的结实率,增加成粒数具有良好作用。在旱年可结合叶面喷肥，起壮籽抗旱的作用。

8.浇　水

粟在我国北方旱区种植，依靠自然降水，基本能满足粟生长发育中对水分的需要。但在干旱年或降雨不应季时，及时补充浇水是保证丰收的有力措施。

粟各生育阶段对水分的需求差异很大。种子萌发需水很少，幼苗阶段耐旱力强，拔节以后茎叶迅速生长，同时幼穗分化，蒸腾量亦随气温增高而大大加强。到抽穗、开花阶段需水达到高峰，这阶段干旱反应敏感，对产量影响大，称为需水第一临界期。灌浆期为需水第二临界期，缺水秕籽多，明显减产。

粟田浇水，要根据粟的需水规律，并结合当地气候、土壤、品种、栽培特点等浇好播前水、拔节水、抽穗水和灌浆水。

浇播前水可以蓄足底墒,保证全苗,特别是夏粟的播前水尤为重要。灌水量一般40～60立方／亩，春播粟播前浇水应早浇为宜，以免降低地温，影响出苗。灌水量以60～100立方／亩、灌水方法以畦灌为好，浇后及时整地。

拔节水应掌握“春粟宜迟、夏粟宜早、早播宜迟、晚播宜早”的原则，春粟在出苗后45天左右，夏粟在30天左右浇水。灌水量每亩70～80立方，顺垄沟浇，保持田间持水量70～80%左右。

抽穗水应视雨情灵活掌握。粟抽穗开花正值雨季来临，只有雨季来迟，阻碍抽穗时，要及时浇水，灌水量40～50立方／亩，保持田间持水量80～90%左右。

灌浆水应掌握不旱不浇的原则。灌浆阶段往往秋雨连绵，不需灌溉。如果出现夹秋旱应及时浇水，但要采用隔沟浇，掌握浅浇、轻浅浇、炎热高温不浇和风天不浇的原则，以防“热伤”和“倒伏”。灌水量每亩40～50立方，保持田间持水量60～70%左右。

9.收　获

适期收获是保证粟丰收的最后环节。收获过早籽粒不饱，千粒重轻、秕粒多，直接影响产量。同时种子发芽能力较差，而且穗及茎秆湿度大，堆放时容易发热发霉，影响种子质量及谷穗经济价值。收获过晚，茎杆及穗码干脆易折，遇大风造成倒伏，遇雨穗易发霉或发芽，既降低产品质量，又不便于收获。适宜的收获期是腊熟末期或全熟初期最好。这时籽粒完全硬化，体内养分已不再向粟粒内输送。籽粒颜色达到本品种子粒的正常色泽，颖及穗全部变黄，种子含水量20%左右。胚乳发育完全，发芽率最高。从外形看，植株表现茎秆变黄，略带韧性，下部叶片枯黄，上部叶呈绿色或黄绿色，有些品种由于栽培条件良好，此时还是青秆绿叶，但依据籽粒颖稃已全部变黄，也应及时收获。收获方法有人工收割和机械收割两种。

四、优良品种介绍

1.冀谷1号（衡研130）

河北省衡水农科所1985年从平杨谷中选出优良变异穗育成。

特征特性：幼苗和叶鞘均为绿色。分蘖力中等，株高110厘米左右，穗长15～20厘米，穗圆锥形、刺毛短。生育期春播113天，夏播85天。籽粒有光泽，黄谷、黄米，米质粳性。小米含粗蛋白质13.04%，抗旱、抗涝。人工接菌抗谷瘟病，不抗白发病，易感黑穗病。

栽培要点：丰产性好，喜肥水，应增施底肥和追肥。适于河北、山东、河南春、夏播种。

2.冀农273

河北省粮食作物所和河北省农科院作物所从灵寿县小白谷中选出变异株育成。

特征特性：幼苗浓绿色、叶鞘绿色。夏播不分蘖，生育期85天。株高135厘米，穗长26厘米。穗圆筒形，紧密、刺毛中长。黄谷、黄米、米质粳性，小米含粗蛋白质10.85%，人工接菌较抗白发病和粟瘟病，不抗黑穗病。灌浆速度快，丰产性好，不抗倒伏。对光周期反应较敏感。

栽培要点：加强田间管理，防止倒伏。适于河北省石家庄、邯郸一带夏播。

3.青到老（冀谷六号）

河北省沧州地区农科所从日本60日与新农724杂交后代中选育而成。

特征特性：幼苗绿色，株高100厘米左右，株型墩实紧凑，穗长17厘米。穗纺锤形。生育期夏播80～85天。黄谷、黄米，米质粳性，小米含粗蛋白质11.38%，耐肥力强，秆硬抗倒伏，人工接菌高抗粟瘟病，抗白发病，易感病毒病和线虫病。

栽培要点：因该品种不抗病毒病，不宜春播，可作夏播。可适当密植。注意防止线虫病。在河北、河南、山东推广。

4.鲁 谷 2 号

山东省农科院从沂县农家品种60日还仓系统选择育成。

特征特性：幼苗、叶鞘均为绿色，分蘖力弱，株高125厘米左右，穗长16～19厘米，穗纺锤形、刺毛短。生育期夏播76～84天。黄谷、黄米、米质粳性，小米含粗蛋白质11.64%，轻抗病，早熟不衰，喜肥水，耐涝。

栽培要点：该品种早熟分蘖少，适于密植，每亩留苗5万株为宜，适于河北、河南、山东夏播种植。

5.柳 条 青

山东省农科院作物所从泰安农家品种中经系统选种育成。

特征特性：幼苗绿色，叶鞘淡紫色，分蘖力弱，株高130厘米左右，穗长16～20厘米，穗圆锥形，刺毛短。生育期夏播82～85天。白谷、黄米，米质粳性，小米含粗蛋白质10.15%，较抗白发病和粟瘟病，感红叶病，不耐涝。

栽培要点：株型紧凑、分蘖少，可适当密植，每亩留苗4～4.5万株为宜。适于山东、河北、河南夏播。

6.昌 潍 62

山东潍坊地区农科所从临朐地方品种三石六中混合选育而成。

特征特性：幼苗、叶鞘均绿色，分蘖力弱，株高130厘米，穗长19～22厘米，穗圆锥形，刺毛较短，春播生育期121天。白谷、黄米、米质粳性，小米含粗蛋白质13.13%。抗白发病，较抗粟瘟病，不抗黑穗病。

栽培要点：该品种适应性广，分蘖少，可适当增加留苗数，每亩3.5～4万株为宜。注意防治粟灰螟、玉米螟。在河北、山东、河南等地推广，是一个较好的春播品种。

7.新农724谷

河南新乡农科所从农家种米黄谷中经系统选育而成。

特征特性：幼苗绿色，叶鞘紫色，分蘖力弱，生育期春播100天，夏播80天。株高134厘米，穗长18厘米，穗纺锤形，金谷、黄米，米质粳性。小米粗蛋白质含量11.38%，对光反应敏感。适应性强，抗倒伏，较抗白发病和粟瘟病，中感红叶病和锈病。

栽培要点：生育期短，耐肥水，适宜于中等肥地种植。在河南、河北种植面积较大，是较好的春、夏播品种。

8.郑 谷 四 号

河南省农科院用新农724和安革三号杂交育成。

特征特性：幼苗绿色，叶鞘紫色，分蘖力弱。株高135厘米，穗长23厘米，穗纺锤形，短刺毛，生育期83～88天。浅黄谷粒、黄米，米质粳性，小米含粗蛋白质10.85%。抗白发病，感粟瘟病，轻染锈病。

栽培要点：可兼做春、夏播粟种。生育期较短，应加强田间管理，一促到底。春播时要注意防治螟虫为害。主要在河南省推广。

9.北郊12号

前华北农科所从京郊农家种经集团选择育成。

特征特性：幼苗绿色，叶鞘淡紫色，分蘖力中等，株高122厘米，穗长15～20厘米，穗纺锤形，刺毛极短。生育期80～85天，白谷、黄米，小米粗蛋白质含量13.4%。抗

病、抗虫能力较差，不耐盐碱。

栽培要点：不宜春种，是北京典型夏播品种，旱、涝年均能稳产，耐瘠，适应性较好，注意防治病虫害。

10.京 谷 1 号

北京市农科所1970年北部12号与日本60日杂交育成。

特征特性：幼苗绿色，叶鞘淡紫色。无分蘖。株高90厘米，茎粗0.76厘米，叶片宽短，株型紧凑、矮壮。穗短而粗，长12～15厘米，刺毛极短，生育期65～74天。白谷、黄米、米质粳性，小米含粗蛋白质10.05%。高抗粟瘟病，轻抗白发病，不抗粟芒蝇危害。

栽培要点：抗倒、早熟。无分蘖，适宜密植，留苗数比一般夏播增加3～5成，注意防治粟芒蝇，适宜黄淮海平原北部作夏播。

11.豫谷一号（安316）

河南省安阳地区农科所用日本60日和土龙杂交育成。

特征特性：幼苗、叶鞘绿色，分蘖力弱，株高120厘米，穗长15～20厘米，穗圆筒型，短刺毛，生育期夏播85～88天，黄谷、黄米，小米含粗蛋白质11.73%。对光照反应不敏感，抗褐条病、黑穗病和白发病，感谷锈病。

栽培特点：适于干旱和肥水较好的地方推广。注意防治谷锈病。

第十二章　黄淮海平原棉花品种适应性和栽培技术

第一节　选育优良品种

1.中棉10号

中国农业科学院棉花研究所1980年育成的适于麦棉两熟短季栽培的棉花新品种。以特早熟棉区品种黑山棉1号为基础材料，1975年起，从其变异株中，连续进行两次单株选择育成。

1979～1981年连续三年参加黄河流域棉区适于耕作改制棉花品种区域试验表明，皮棉产量比对照品种黑山棉1号增产25～28％。据北京市纺织纤维检验所及中国农业科学院棉花研究所纤维室测试结果，纤维品质：主体长度30.8毫米，强度3.92克，细度6592米／克，断裂长度25.8千米。中棉10号可在黄淮海平原广泛种植，其中尤其适宜在黄淮平原广大地区推广。该品种适合耕作改制，有利于棉区实现粮棉双丰收双贡献。1984年的种植面积超过1000万亩。

该品种生育期短，从播种至吐絮（在夏播的条件下）约112天。植株的适应性和自我调节能力强。因播种期和水肥条件不同，株高的变幅为40～130厘米，果枝数的变幅为4～17个。株型紧凑，筒型，下部果枝第一果节较短，第二果节较长，上部果枝，第一果节较长，第二、三果节较短，主茎较细，疯杈少。叶片中等大小，较薄，叶色较浅，缺刻深，皱褶明显，顶部叶片向光性强，铃圆形有尖，铃大，单铃子棉重5.5克左右，籽指12克左右。在黄淮海平原广大棉区适宜播种期为5月20日至31日。主要种植方式有四种，即：露地营养钵育苗，收麦后移栽；麦田套种；油菜、大麦等早春作物收获后直播；盐碱地晚春播。该品种生长期短，必须保证所需的肥、水、劳力等生产条件和棉田管理及时。尤其是麦田套种，麦收后要及时灭茬，追肥浇水，助苗生长。夏播时虽可躲过苗期蚜害与棉田一代棉铃虫，但伏蚜与二、三代棉铃虫的为害仍很严重，应及时防治。该品种不抗枯、黄萎病，不宜在病区种植。

2.中棉12号

中国农业科学院棉花研究所于1982年育成的适合于枯黄萎病区种植的抗病优质丰产棉花新品种。该品种以采用乌干达4号为母本，邢台6871为父本杂交，于所内枯黄萎混生病圃及人工接菌的病钵温室中连续定向选择育成。

1985～1986年参加黄河、长江两大流域抗枯黄萎病棉花品种区域试验表明，黄河流域抗病区试两年20点次平均，霜前皮棉亩产达84.11公斤，比对照晋棉7号增产17.53％；长江流域抗病区试两年21点次平均，霜前皮棉亩产77.04公斤，比对照86-1增产11.5％。两大棉区均达极显著标准，两年产量结果均居参试品种首位。

经北京市纤维检验所测定，1985～1986年全国南北两大棉区抗病区域试验12点次棉样平均，纤维强力为3.91克，细度5854米／克，断裂长度22.89千米，主体绒长29.9毫米，试纺32支纱品质指标2389分，综合评定为上等优级。1986年北京国棉二厂进行40支单梭试纺，品质指标分别达2374分和2613分。同年青岛进出口商品检验局测定该品种二级棉样，卜氏强力8.5～8.7万磅／吋^2，麦克隆值4.4～4.9，达优质棉出口标准。

该品种生育期135天，属中熟品种。植株松散，茎杆坚韧，叶片大小适中，缺刻较深，透光性较好。第一果枝节位较高，第一果节较长，自身荫蔽较轻，吐絮畅，烂桃较少。铃卵圆形，重5.5克，衣分41％左右。缺点是种子短绒较厚，子指偏小，出苗较慢，苗期生长势弱，纤维略粗。根据该品种苗期长势弱，花期旺，中后期结龄性强的特点，栽培管理应掌握前期促、中期控、后期促的原则。播种期不宜偏早，最好采用地膜覆盖，密度偏稀为宜，高肥地每亩2500～3000株，中等地3000～3500株。苗期培育壮苗，第一水适当推迟，酌情喷洒缩节胺。重施花铃肥，一般每亩可追尿素10～15公斤，饼肥30公斤，花铃期不能缺水，终水期可延至吐絮初期。

该品种适应性广，可在南北两大棉区枯黄萎重病区及轻病区种植。

3.中 棉 521

中国农业科学院棉花研究所1982年育成的优质高产兼抗黄萎病棉花新品种。以陆海杂种（徐州209×910依）为母本，与陕棉4号种间复合杂交育成。经“六五”育种攻关专家组鉴定，纤维品质达到优质育种攻关的目的要求。在多年大面积生产示范中，亩产皮棉可达80公斤以上。1986年在山东、河南、河北、江苏等省建立特约繁殖基地150万亩。1987年种植面积扩大到200万亩以上。

中棉521为中熟品种，生育期140天左右，株型较松散，株高100厘米左右，茎秆紫红色，植株粗壮。叶片较小上翘，色浅绿，果枝和叶片搭配适中，结铃性好，特别是果枝内围结铃性好。铃重5.5克，衣分39％左右，籽指9.0克，霜前花率85％以上。据北京市纺织纤维检验所和中国农业科学院棉花研究所，1981年到1985年，连续5年19点次测试结果，纤维品质优异和稳定。主体长度31.2毫米，强度4.0克，细度5895米／克，断裂长度23.50千米，成熟度1.62，短绒率10.69％。试纺32支纱，品质指标2668分，纺42支纱，品质指标2418分，综合评定为上等优级。

1985～1986年福建省三明纺织厂试用该品种原棉代替埃及长绒棉，批量纺27号帘子布用纱和13.9×3缝纫线取得成功。每吨分别提高利润550.8元和478.9元，两种产品均可达到上等一级水平，用户对产品质量表示满意。

该品种根系发达，在盐碱地种植普遍增产。如1984年中国农业科学院棉花研究所在河南商丘谢集基点盐碱地进行地膜覆盖品种对比试验，皮棉亩产98.7公斤，比对照种徐州514增产21％，经新复极差测验，增产极显著；1985年山东惠民县盐碱地品种对比试验结果，中521盐害株率为1.9％，而鲁棉6号盐害株率为41％。中521亩产皮棉91.6公斤，比鲁棉6号增产4.89％；1986年夏邑县盐碱地品种对比试验结果，中521亩产皮棉104.5公斤，比对照冀棉8号增产8.5％，比豫棉1号增产15.1％。

该品种适于黄淮海平原棉区一般水肥地和零星黄萎病地种植，利用地膜覆盖栽培能充分发挥其增产潜力。半光籽短绒少，浸种时温度不宜太高，以免烫伤种子。棉苗长势稍弱，出苗后要加强苗期管理，促进壮苗早发，中后期要注意肥水施用，既要注意发挥

后期增产潜力，又要防止旺长，密度一般以每亩3000株左右为宜。

4.中棉13号

中国农业科学院棉花研究所应用美国低酚棉种质兰布莱特GL～5，经过11年杂交转育和连续选择，育成了低棉酚高蛋白棉花新品种——中棉13号。

该品种棉子仁蛋白质含量高。据中国农业科学院畜牧研究所1982～1986年测试，平均棉仁干基蛋白质含量达48.1%，而一般棉仁和大豆，其蛋白质含量分别为36～44%和42%。由此可见，中棉13号是目前已知的国内外低酚棉棉仁蛋白质含量的最高者，同时亦高于大豆蛋白质含量。测试结果还证实，其蛋白质品质优良，氨基酸品位高，用以喂鸡测得氨基酸利用率为98.1%，其中赖氨酸利用率为94.0%。中棉13号的棉仁不但具有高蛋白质，同时又含低棉酚。据分析，棉仁中棉酚含量为0.019%，大大低于联合国蛋白质咨询委员会规定的食用棉仁粉游离棉酚0.06%的标准，故可以供人们食用和作为畜禽的饲料。

中棉13号丰产性较好，皮棉产量比美国同类品种增产，以低酚棉佩马斯特784为例，中棉13号比该品种增产40.1%。在黄淮海平原棉区种植，皮棉亩产量60～70公斤，接近当地推广良种的原种。纤维主体长度30.87毫米，强力3.94克，细度5876米／克，断裂长度23.22千米，属优质棉类型。1987年在山东、河北、河南等地试种、示范接近30万亩，为全国低酚棉种植面积最大的二个品种之一。若平均亩产皮棉以60公斤计，每亩至少可得棉子蛋白质22.5公斤，增加产值27～30元。只要低酚棉子的加工利用与收购渠道打通，该品种可以在我国主要棉区种植，它对开发利用棉子蛋白质资源具有重要意义。

第二节 棉花地膜覆盖栽培

80年代以来，黄淮海平原各主要棉产区针对棉花播种保苗难及棉苗生长阶段干旱、低温等问题，大力试验推广地膜覆盖栽培，取得成功。采用地膜覆盖栽培，能较好地改善棉田的生态条件（尤其是土壤环境条件），缓和黄淮海平原棉区低温、干旱、渍涝等不利因素对棉花的影响，对培育棉花壮苗，加速其生长发育，提高光能利用率，延长有效开花结铃期，促进早熟，提高单产，改进纤维品质等，都具有极其显著的作用。这是一项很有发展前途的新技术，对充分利用棉区自然资源，节约能源，大幅度提高现有棉田的增产潜力，快速发展棉花生产，具有重要的现实意义。

据统计，黄淮海平原棉田地膜覆盖面积由1982年的40万亩，迅速发展到1983年的840万亩，1984年更进一步扩大到950万亩。三年来全区棉田地膜覆盖面积合计为1830万亩，增产率按25%计算，增收优质棉450多万担，主副产品经济价值超过7亿元，经济效益、社会经济效益均十分显著，充分体现了技术进步对促进棉花生产发展的强大生命力。

一、地膜覆盖栽培增产机理

棉田地膜覆盖对改变小气候环境、土壤环境和加快棉花生育进程产生了多方面的影响。其增产机理归纳起来，主要有三个效应即补偿效应、土壤环境相对稳定效应、光热效应，从而促进棉花苗全苗壮，加快生育进程，延长有效花铃期，桃多桃大，提高产

量，增进品质。

1.补偿效应

补偿效应指的是两个方面：一是地温对气温的补偿；二是根系发育对植株生育的补偿。在露地栽培条件下，棉花苗蕾期，气温左右地温，两者之间关系基本呈现稳定，覆盖后打破了这一稳定关系。棉田地膜覆盖增温保温效果良好。据系统观测，棉花苗蕾期，覆盖区主要根系分布层（0～20厘米）地温比露地高出2～4°C，甚至更高些。这种作用类似提高气温带来促进棉株生育进程，故棉田地膜覆盖能补偿气温不足带来的诸如棉棵弱苗晚发、生育受挫等弊病。根据这个原理，提出了“地积温”的概念，认为可用“地积温”作为棉花生育进程的热量指标。研究结果进一步表明，地温对气温的补偿，是通过根系生理生态变化而起作用的。当根系活动层土壤温度提高后，倘土壤养分充足、水分适宜，整个根系的生长是随着地温的增高而加快，根系的活性、呼吸强度等生理功能在一定范围内与温度呈正相关，棉花根系活动层土壤温度的高低直接左右根系的生育。棉田地膜覆盖，棉花苗蕾期营建强大根系，促使植株生育进程加快，一般比露地栽培发育期提早16～20天，甚至更长些。与此同时，增强棉株代谢生理功能，最后促使棉花产量和品质提高。根据土壤温度与棉株这种极为密切的内在联系，研究了以“当量温度”为指标的补偿关系，丰富了土壤学和栽培学的理论。

2.土壤环境相对稳定效应

地膜覆盖对土壤产生保护与综合改善的作用。地膜覆盖棉田，地温不仅高而且变幅小，加上膜的阻隔，抑制地面蒸发，减少热量消耗，保持土壤温度相对稳定，减缓了悬殊的干湿交替以及干旱对根系生长带来的不良影响。因此，在覆盖条件下，表现了明显的“土壤温室”效应，土壤物理性状改善，容重减轻，孔隙度提高，土壤水、热、气、营养协调，微生物活性增强，特别是在盐碱地覆盖，抑制土壤水分蒸发，从而抑制盐分上升，减轻盐害，具有保苗、促早发育、增产的显著作用。

3.光热效应

前两个效应最后都集中反映在光热效应上，这是预示棉花能否增产的主要标志。覆盖条件下的棉株，不仅生育进程加快，而且生理功能增强。据全国棉花地膜覆盖协作研究组的研究结果，覆盖的棉株比露地棉株4～5片真叶期的光合强度提高44.1%，盛花期叶片氮磷含量提高11.4%和19.5%。棉田封行前测定，地膜覆盖后，自身反射光提高了46.1%，这样，有利于提高叶温，增强光合作用。从生育进程上看，相对延长有效花铃期，为多结铃、结大铃创造了条件。提早结铃，多数棉铃形成在伏期，恰处于黄淮海主要棉产区最适宜的温度和土壤湿度条件下，故铃多铃大，成熟早，品质好。

二、地膜覆盖栽培体系

棉花地膜覆盖科研协作组有计划地按盐碱地棉区、旱地棉区、平水地棉区、粮棉间套种棉区等不同类型区，在棉花常规栽培措施的基础上，针对不同类型区棉田覆盖生态环境和棉花生育特点，分别进行了大量的科学研究、生产试验和示范推广工作，获得了一批科研成果，积累了丰富经验，在此基础上，编写了《黄淮海平原各类型棉区棉花地膜覆盖栽培体系》。“栽培体系”力求从简化栽培技术，提高经济效益出发，使棉花地膜覆盖栽培技术做到区域化、规范化和指标化。如盐碱地棉区是以抑盐保苗，早发高产为

主要目的，采取以半免耕栽培、灌水压盐和根据盐分含量确定沟覆、平覆为核心的配套技术；干旱棉区是以保墒增温、全苗早发、前稳后旺为主攻目标，采取抗旱播种、平覆沟种等为核心的配套技术；平水地棉区是以增温保墒，壮苗早发，根据土壤肥力确定覆盖度大小，延长有效结铃期为主要目标的配套技术；粮棉间套种棉区，是以采取相应的粮棉间套方式，缓和两熟共生期的矛盾，增温早发促壮苗为核心的配套技术。

不论是在盐碱地、旱地或平水地，采用地膜覆盖种棉，表现均突出，棉花三桃比例从以往的以伏桃和秋桃为主转变为以伏前桃和伏桃为主。河南省商丘县谢集乡1982～1984年在轻度盐碱中上肥力棉田试验，地膜覆盖皮棉单产一般100公斤左右，平均比育苗移栽增产27.8%。轻度盐碱瘠薄棉田覆膜，皮棉单产90.45公斤，比露地和育苗移栽分别增产37.4%和23.5%（表12-1）。

表12-1　覆膜棉的产量和三桃比例

年　份	处　理	单株成铃（个）	皮棉亩产（公斤）	增产(%)		三桃比例（%）		
						伏前桃	伏　桃	秋　桃
1982～1984	露地直播	10.7	65.9	0	0	2.0	55.9	42.1
	育苗移栽	12.4	73.3	11.2	0	11.4	56.2	32.4
	地膜覆盖	13.7	90.5	37.4	23.5	26.8	55.8	17.4

农业生产的地域性很强，即使是同一类型的棉田，由于地理及其他条件的差异，也不可能按一个模式进行生产。因此，在今后的大面积生产实践中还要进一步检验和完善这些配套技术。现将其配套技术要点简介如下。

1.播前准备

（1）科学施肥　地膜覆盖后有机质分解加快，土地养分充足，为棉花高产的需要提供了有利条件。总的施肥原则是：以农家肥为主，化肥为辅，注意氮磷肥配合，以产定肥。亩产皮棉75～100公斤的棉田，应施4000～5000公斤农家肥，40～50公斤磷肥，有条件的还应增施30～50公斤饼肥，这些肥料应在冬季结合深耕施入，如备肥不足，也可在早春结合整地施入。化肥易挥发，应在播前结合浅耕沟施，一般每亩施尿素5～10公斤，开花前一般不追肥。

（2）精细整地　地膜覆盖棉田，对整地要求严格，要达到地面平整无坷垃，上虚下实无根茬。地膜覆盖棉田要抓紧秋耕并施足底肥，随即耙耱细碎，以利蓄水保墒。在采用起垄覆盖的地区，早春土壤解冻后，要进行精细整地，一般以起低垄为宜。低垄栽培能解决高垄不保墒和平覆增温慢的矛盾。一般垄宽60～70厘米，垄高7～10厘米，垄形呈圆弧形。起垄后要进行镇压，使垄面紧实，土壤细碎。

（3）蓄饱底墒　棉田地膜覆盖能否实现全苗早发，土壤水分是关键。在有灌溉条件的棉田，一般可在播种前10～15天饱浇底墒水，保住表墒。盐碱地为防止浇后返盐，以在播种前5～7天浇水为宜。井灌地区每亩灌水量60～80立方米，渠灌地每亩80～100立方米。

（4）选用良种　棉花地膜覆盖，促进棉株生育，延长了有效结铃期。为了进一步发挥地膜覆盖的作用，要选用生长势强，结铃性好的优质高产品种。就目前棉田肥力状况

看，只要适合当地的优良品种，均可作为覆盖棉田用种，但病田一定要选用抗枯、黄萎病的优质高产品种。

(5)合理密植　棉田地膜覆盖改变了生态环境条件，出苗早，棉株发棵大，需肥需水较多，因而在留苗密度上，要稍稀于相同条件下的露地棉花。一般要求亩株数，上等肥水地3000株左右，中等肥水地3500～4000株，旱地5000～6000株为宜。在保证密度的前提下，一般应采取缩小株距，加大行距的措施，实行宽窄行种植。

2.播种技术

(1)覆盖度　棉田地膜覆盖的覆盖度，要根据当地水利资源、土壤肥力状况、种植方式和播种期早晚确定。一般在水肥条件好、无霜期较长的棉区,可选用宽度70～80厘米地膜，覆盖度60%左右。干旱半干旱地区和盐碱地，可选用宽度60～70厘米的地膜，覆盖度达到60～70%为宜。间作套种田，可选用宽度80～90厘米的地膜，覆盖度为70%。

(2)覆盖方式　一般采用两种：一种是先播种后覆盖，出苗后按株行距在膜上开孔放苗。这种方法在水地和保墒好的旱地均可采用，可进行机械操作，大面积种植。开沟穴播或条播均可，便于抢墒播种。另一种是先覆膜后打孔播种。这种方法播期主动、省籽、不烫苗，适宜在旱地上采用。

(3)适期播种　为充分发挥地膜优势，要注意适期早播。应根据当地气候变化规律，掌握霜前播种，霜前出苗，霜后放苗的原则，在黄淮海平原广大棉区，以4月5日开始播种为好。

3.田间管理

(1)保苗　棉田地膜覆盖后，地温明显高于露地棉田,因而棉苗出得快,出得齐。一般情况下,播种5天见苗,7天全苗,所以做好放苗工作是保全苗的关键。一般应掌握在棉苗出土3～4天由黄变绿后,打孔放苗。为了促苗早发，当棉苗长至2～3片真叶时即可定苗。

(2)防虫害　棉田地膜覆盖后，加快了棉花生长发育进程，生育期比露地棉提前，同时枝叶茂密，长势旺盛，有利于一些虫害的发生蔓延，使虫害发生早，为害重。因此，棉苗放出膜外后，要勤检查，搞好虫情测报，做到早检查，适时防治。

(3)防旺长　地膜覆盖的棉田，灌水、施肥掌握不当，极易发生旺长。防旺长的主要措施是：“一控、二截、三喷”。一控是：在高水肥棉田要严格控制少施氮肥，多施有机肥和磷肥。二截是：到6月中下旬，出现旺长趋势时，行间进行深中耕断根，控制生长。三喷是：在盛蕾期或初花期出现旺长时，喷洒缩节胺。

(4)防早衰　地膜覆盖棉花生长发育快，成桃早，成桃多，倘肥水失调，易造成早衰。因此，在控制旺长基础上，要加强肥水管理。一般在初花期，结合追肥浇头水。天旱时紧接着饱浇二、三水。在追肥上，应掌握花铃期重，后期补的原则。

(5)防烂桃　地膜覆盖棉花比露地棉花生育期提前10～15天左右,吐絮期在8月下旬到9月上旬初。吐絮期倘若出现阴雨，要抢摘发黄、老熟棉桃，随摘随剥随晾晒，促使其开裂吐絮。

对于覆盖后的废旧膜造成土壤污染问题，先后试验了几种不同类型的光分解膜，从减少污染角度考虑，可以采用。但要降低膜的成本，从目前来说，要发动群众坚持从棉田收回废膜，严禁废膜翻压入土。回收的废膜可以再生利用，制成各种塑料品。

从降低地膜成本提高经济效益考虑，先后研究了各种有色膜、普通地膜(HDPE)、

低压膜（LDPE）和线型膜（L-LDPE）的覆盖效应，认为后两种膜可以提高经济效益，每亩可减少投资10元左右，可代替普通地膜大面积推广应用。特别是线型膜应用效果更好。如以1984年全区950万亩棉田采用线型膜覆盖栽培计算，每年可比普通地膜相应节约投资近1亿元。

第三节　棉区耕作制度的改革

一、棉田两熟栽培增产的分析

棉田两熟栽培增产的原因，概括起来有以下几个方面：

1.充分利用全年生长季节，提高土地利用率

黄淮海平原棉区，棉花播种期一般在4月中、下旬，结束收花在10月下旬至11月上、中旬。如果只种一季棉花，冬春两季休闲时间长达5个月，不能充分利用全年的生长季节。而棉花、小麦、油菜和蚕豆等冬作物的生育期均较长，现有品种两季作物累计生育期长达400天左右。如果在冬作物收获后再播种棉花，就缩短了棉花的生育期，不能充分利用有效结铃期，发挥其增产潜力。实行套种一个很重要的特点是争取了时间。和春棉一样，麦套棉不违适时播种，比夏棉可提早播种30～50天，相对增加了生长期的积温，既能充分利用全年的生长季节，改一熟为两熟，又能保证冬作物和棉花有足够的生育期，因此比冬作物收获后播种的棉花能显著提高产量和品质。

2.提高光能利用率

棉花与冬作物或春作物实行间套作，其实质是在单位面积上最大限度地利用太阳能。就棉田前期而言，单作棉花从播种到叶面积系数为1以前的60～70天里，地面裸露，光能利用率低。倘在棉田间作早熟春大豆、绿豆或豌豆，其最大叶面积系数可达1.3，复合群体叶面积系数在2.5左右。棉豆平面用光，可成倍增加棉田前期的光能利用率。冬作物套种棉花，棉花幼苗生长期正是冬作物的结实灌浆期，小麦棉花两种作物高矮结合，构成波状立体用光的复合群体，能把棉花苗期大量漏射地面的光能充分利用起来，从而减少光能损失，比单作平面增加了受光量，提高了光合生产率。

3.有利于发挥边行优势效应

棉田两熟间作套种，当冬作物进入生长旺期，因有预留棉行，行间的光照强度比单作棉田要高得多。中国农业科学院土壤肥料研究所在山东武城县基点测定结果表明，麦棉套种麦与单作麦相比，小麦穗部光照强度基本相同。在距地面30厘米和60厘米处，套作麦比单作麦光照强度分别高83%和20%，因而表现出明显的边行优势。又由于根系吸收营养范围大，因而套种小麦茎粗秆壮，有效分蘖多，穗大粒多，籽粒饱满，按折实面积计算，小麦能显著增产。冬作物收获后，套种棉花因宽行增大，封行推迟，中后期通风透光条件比单作棉花好，也能发挥边行效应。中国农业科学院棉花研究所测定，棉花大豆间作，6月中旬大豆播幅地面光强行外是行内的3.5倍。又由于根系发达，因而能显著提高大豆单株和群体生产力，按折实面积计算，增产效果显著。

4.可以减轻自然灾害

黄淮海平原棉区，棉花播种出苗期间多大风，常有寒流，两熟间套作棉田因前作物的

屏障作用，可防风保温，或因对天敌害虫特殊的趋避作用，可减轻苗期虫害，从而使棉花前期明显较单作好。中国农业科学院棉花研究所观测结果，大风过后，麦棉套种和棉豆（大豆）间作棉花叶片损伤率分别较单作低38%和44%，同时还由于有小麦作屏障，两熟套种棉田地老虎成虫很少飞向棉田产卵，并能阻止其幼虫转移侵食棉苗，麦收前基本上可以免除受棉盲蝽的为害。又如棉蚜，亦因有小麦屏障的阻碍，减少有翅蚜向棉田迁入。同时，5月份麦行积集瓢虫、食蚜虻等多种天敌，因此，麦棉套种田棉蚜的为害很轻。

二、棉田两熟丰产栽培技术与适于发展的栽培区域

搞好棉田两熟栽培，须注意以下几个方面的问题。

1.要有较好的水利条件

本区雨量集中在7、8月份，5、6两月冬春作物与棉花共生期间，天旱争水矛盾大，在小麦抽穗灌浆期或油菜结荚期适时灌溉，保持土壤含水率不低于15%，收麦刈油菜后抓紧灌水、灭茬、追肥，促进棉株生育两旺。间作蚕豆在5月中旬进入开花结荚期，也应及时灌水。因此需根据水利条件安排两熟面积，切不可盲目扩种。

2.两熟要以棉花为主，保证棉花产量

棉麦、棉油菜、棉豆类两熟要保证棉花不比单作减产或减产幅度较小，在此前提下增产小麦、油菜、豆类。如春播套种棉花，麦幅不可过宽，预留棉行不可过窄，以免发生麦挤棉。如采用带宽1.5～1.6米高低垄配置方式，垄下种一耧（2～3行）或一宽幅小麦，垄上种两行棉花，麦棉间距不小于33厘米，并加强麦棉共生期间和麦收后的追肥灌水，保证套作棉苗生长正常。夏播棉花产量较低，要比一熟棉田适当扩大种植面积。棉豆间作，以大豆为例，应选择生育期90天左右，株型紧凑，株高50厘米左右，叶片狭长，有限结荚习性的大豆品种，较棉花提前早播，采取与棉麦套作大致相同的种植方式，在发挥前期优势的同时，尽可能减少或缩短其对棉花现蕾至初花期的影响，保证棉花正常生长发育。

3.解决好两熟棉田接茬矛盾

棉花拔杆腾茬与播种冬小麦时间有矛盾，在黄河以北地区，过去春季套种棉花，秋后又在棉行间串种小麦，年复一年套种，使农田不能耕翻，不便施肥，土地用养失调，且易发生病虫害。如石家庄地区套作小麦曾发生丛矮病，邯郸地区连续在棉行里串种小麦，棉花受红蜘蛛为害严重。为了解决这些问题，可采取棉花前作以冬小麦为主，适当搭配春大麦，并与粮田轮作的措施。倒茬方法是：秋粮茬小麦套作棉花→冬耕冬闲春播大麦套作棉花→棉田串种小麦，夏播秋粮作物。为了防治小麦丛矮病，应做到：一是不连年在同一块棉田串种；二是小麦适当晚播；三是小麦出苗后喷一次农药，从而解决了丛矮病问题。河南省扶沟县热量条件较好，他们的茬口安排方法是：秋粮茬小麦套作棉花→早拔棉杆播种早熟小麦，套种棉花1～2年→平播早熟小麦夏播秋粮。

夏播棉花，也不宜连年麦棉连作，以免造成恶性循环，需搭配适于晚播的早熟小麦，并与粮田轮作。

麦（油）棉两熟栽培宜在人多地少，水肥条件较好的地区推广。一般地区可根据具体条件种植，并适当搭配一些春大麦、春播蚕豆、大豆、绿豆等作物，以调节农活，缓和季节矛盾，减少地力消耗。除此以外，还应与粮田轮作倒茬。在水利条件和土壤肥力

很差，粮食低产的地区不宜搞麦（油）棉两熟制。河南豫北、豫东及徐淮地区热量条件较好，春旱时间短，可在水利条件较好地区进一步发展麦（油）棉两熟。山东省鲁西北四区棉田比重大，粮食比较紧张，在有引黄灌溉和井灌条件的地方，可适当扩大一些两熟棉田，以解决粮食问题。

4.实行地膜覆盖，麦棉一膜两用

麦棉两熟，因棉花腾茬晚，小麦播种期推迟到10月底、11月初。晚播麦通过地膜覆盖，可以大大改善农田小气候和生物学效应，产量可以赶上适时麦，从而解决了棉花茬迟播，小麦减产问题。

据中国农业科学院棉花研究所1984～1986年3年试验观测，12月中旬至2月下旬，盖膜比不盖膜的5厘米土层积温增加187～212.9°C，10厘米增加163.5～164.9°C。由于地膜覆盖所产生的良好效应，晚麦盖地膜比相同条件不盖的产量提高35.4～54.7%，小麦返青后揭下地膜再盖棉花，有利于土壤保墒。据1985年观测，5月中旬至麦收期间，盖膜0～25厘米土层含水量与不盖膜对照比较，5月7日前无大差别，以后盖膜与不盖的对照均逐渐下降，至5月25日后天气连晴，土壤水分下降较快，盖膜与不盖膜对照差别加大，至6月3日观测，土壤含水量盖膜的为15.2%，不盖膜对照为13.7%，相差1.5%。

覆盖地膜后，土壤水分受阻，减少了土壤中热量向大气的散失，保住了温度。据1985

表12-2　一膜两用棉花三桃及产量结果

（1985年，安阳·中国农科院棉花所）

处理	单株铃数(个)	三桃%			皮棉(公斤/亩)	增产(%)	霜前花(%)
		伏前桃	伏桃	秋桃			
套作盖地膜	19.0	14.0	76.5	9.5	76.5	22.4	90.5
套作不盖地膜	18.7	4.7	76.1	19.2	62.4	—	84.3

表12-3　套作棉花盖膜与不盖膜的纤维品质比较

（1985年，安阳·中国农科院棉花所）

处理	皮棉级别	单纤维强度(克)	公制支数	断长(千米)	成熟系数	主体长度(毫米)	基数	短绒(%)
盖膜	1	3.89	5905	22.97	1.68	29.29	48	13.99
不盖膜	1	3.29	6545	21.53	1.46	27.94	43	12.01
相差		+0.60	−640	+1.44	+0.22	+1.35	+5	+1.98
盖膜	2	3.55	6570	28.32	1.43	30.47	47	14.48
不盖膜	2	2.99	8000	23.92	0.95	29.96	47	14.17
相差		+0.56	−1430	−0.60	+0.48	+0.51	0	+0.31
盖膜	3	3.24	8100	26.24	1.13	29.4	47	13.85
不盖膜	3	2.92	8675	25.33	0	28.51	49	14.04
相差		+0.32	−575	+0.91	+1.13	+0.89	−2	−0.19

年4月中旬至6月30日在所内试验地测定：5～10厘米地温，盖膜的总积温为2,061.3°C，日平均27.5°C，不盖膜对照总积温1872.4°C，日平均24.9°C。盖膜的总积温和日平均温度分别比不盖膜对照高188.9°C和2.6°C。

棉田覆盖地膜后，改善了土壤综合条件，棉株生育进程加快。据1985年试验，盖膜棉早出苗4天，早现蕾6天，早开花吐絮8天，生育天数相应缩短8天。由于生育提早，前中期成铃多，使两熟棉花的三桃比例发生了根本变化，产量结构由过去以伏、秋桃为主，转到以伏桃、伏前桃为主。试验结果（表12-2）表明，覆膜的伏前桃为14.0%，伏桃76.5%，秋桃9.5%，而不盖膜对照分别为4.7%、76.1%和19.3%。盖膜的皮棉亩产量为76.5公斤，比套作露地棉增产22.4%。盖棉后由于早桃比例增加，光热条件好，纤维品质相应得到提高，有利于实现棉花早熟、丰产、优质从（表12-3）中可以看出。套作棉花盖地膜比不盖的对照提高了品质，突出表现在第1、2次花成熟系数高（+0.22～0.48），单纤维强度增加（+0.56～0.6克）。

一膜两用试验结果表明，小麦盖膜每亩多收57.7公斤，棉花盖膜多收皮棉14公斤。按小麦单价0.48元，棉花皮棉单价4.0元计算，两项可增加总产值83.72元，扣除地膜投资20.3元，可增加收益63.42元。

第四节　盐碱地植棉

一、盐碱棉田的半免耕种植法

半免耕种植法（埂上免耕、沟内浅耕）是盐碱地植棉的一项创新措施，也是盐碱地植棉耕作栽培技术的重大突破。其做法是在新沟植棉拔柴腾地后，继续保持原来沟埂现状，年前降雨蓄墒后仅在沟内进行浅耕保墒，土地不进行全面耕翻，翌春于沟内集中施用农家肥，再进行耕翻耙耱，但沟埂仍保原样不动。其水盐动态表现在沟内经过耕翻及耙耱保墒，削弱了毛管作用，水分运行在沟底受阻碍，在抑制土壤水分蒸发的同时，也抑制了土壤返盐；而埂上未耕维持原状，土体结构相对保持完整，土壤毛细管作用旺盛，造成埂上返盐。据1983～1984年测定，在土壤含盐量为0.3～0.4%和1%的中度和重度盐碱地，采用半免耕种植法，使盐分由原来在土壤剖面中呈“T”形分布状态，调整为埂上积盐，沟内脱盐的两种截然不同、高低相错的分布状态。其年际耕层土壤盐分变化与常规耕作比较，埂上积盐率增加16.9～17.9%，沟内盐分减少33.8～68.3%，降低了棉花播种层和根系层的含盐量，使盐碱地棉花保苗率提高40%以上（表12-4）。又

表12-4　半免耕后土壤盐分（%）的年际变化

年份	处理	埂上		沟内	
		全盐量	增减	全盐量	增减
1983	翻耕后新造沟	0.3413	0	0.2813	0
1984	第一年半免耕	0.3990	+16.9	0.1863	−33.8
1985	第二年半免耕	0.4025	+17.9	0.0893	−68.3

观测0～10厘米同层的土壤容重，沟埂比沟底增加0.08克／厘米³，毛管孔隙率多3.26%。在季风气候影响下，沟埂水分强烈蒸发，盐碱随水上升而聚积于沟埂。通过对1984、1985两年6月中旬定位观察，0～20厘米耕层土壤盐分年际间的变化表明，采取半免耕栽培措施，埂上积盐率比常规的棉田耕翻、翌年重新造沟的对照显著增加，沟内的脱盐率显著减少，证实了半免耕种植法的抑盐效果极为明显。

半免耕种植法不但对减轻种植沟内含盐量和提高棉花保苗率有明显的作用，且其效应还随年限的延长而显著提高。从各年同期观测，0～10厘米表层盐分和棉花田间出苗状况看，半免耕的第一年，沟内盐分比对照（新造沟）降低48%，第二年减少73.5%，第三年减轻79%。对照（新造沟）保苗率只有15～18.3%，半免耕后的第一年保苗率提高到60～64.5%，第二年上升到82.1～85.2%，第三年上升到87.6%，脱盐和保苗效果均极为显著（见表12-5）。同时半免耕种植还由于沟内集中施肥，沟内土壤肥力提高也较为显著。

表12-5　半免耕种植沟内盐分变化和棉花保苗状况

处理	全盐量		保苗率（%）		
	%	增减	1983年	1984年	1985年
翻耕后新造沟	0.2995	0	15	18.3	17.4
第一年半免耕	0.1560	−48.0	60	64.5	63.0
第二年半免耕	0.0795	−73.5		82.1	85.2
第三年半免耕	0.0628	−79.0			87.6

由于半免耕栽培调整了土壤的水盐动态，种植沟内的盐分明显下降，为棉花一播全苗、壮苗早发、促进早熟、增产增收创造了良好的土壤生态条件。在耕作层盐分基础为0.991%的重度盐碱地，采用此法种植棉花并加强管理，棉花单产达到46.6～81.9公斤，比常规耕翻后重新造沟处理增产18.0～56.4%，伏桃比例显著增加，平均比对照提高32.1%，秋桃比例明显下降，平均比对照减少39.8%。半免耕种植为盐碱地植棉开辟新途径，这一新耕作法尤其适于中、重度盐碱地推广。

二、采用育苗移栽、地膜覆盖栽培

在豫东盐碱棉区，多年来探讨盐碱地棉花生长发育规律及其与外界环境条件的联系，深入研究，全面示范推广育苗移栽、地膜覆盖取代大田直播，取得成功。通过研究，制定出丰产棉田栽培规范，形成新的栽培体系，是盐碱地植棉技术进步的体现。

育苗移栽：在土壤含盐量为0.3%左右的盐碱地，棉花采用常规直播栽培，难于实现全苗、早发和高产。通过育苗移栽基本解决这一问题，其优点在于使棉花能在苗床内提早播种，并培育壮苗，躲开因大田直播棉子发芽出苗和苗期干旱土壤返盐的为害。棉苗移栽大田时，苗龄已有40天左右，棉苗长出三、四片真叶，茎杆基部已开始木质化，大大提高棉花幼苗的抗盐力，移栽时还有钵土保护根系，减轻盐碱对根系的为害，棉苗成活率高，与直播棉相比，播种期能提早30～40天，早现蕾8天，早开花6天，有效开花结铃期相对延长10天左右，解决了盐碱地难于解决的棉花一播全苗、壮苗早发等问题，比大

田直播增产20%以上。从现有生产条件看，育苗移栽仍不失为中度和重度盐碱地棉花保全苗、促早发和增产的关键措施。这项措施不只限于盐碱棉田应用，非盐碱棉区也广泛采用，河南、江苏、山东等省棉区已把育苗移栽作为一项增产措施推广，1984年黄淮海平原棉区推广面积达680万亩。

地膜覆盖：地膜覆盖具有增温保墒、防盐、保苗、培育壮苗、加速棉花生育进程、促进早熟和提高产量等效果。试验证明，盐碱地棉花覆盖地膜的效果极为显著。

1.盐碱地覆膜的增温保墒效应

1983～1985年4～5月在河南省商丘县谢集乡盐碱地系统观测的结果，盐碱地棉花覆膜后，土层5、10厘米地温分别比露地增加3.9°C和2.7°C，0～20厘米耕作层增加2.4°C。覆膜后的增温效应，减弱或消除了本地区春季温度回升慢、变幅大的不利气象因素，为盐碱地棉花一播全苗、壮苗早发创造了适宜的生态条件。

棉花苗蕾期土壤水分的消耗以棵间蒸发为主。地膜覆盖后，由于膜的作用，有效地阻隔了水分的蒸发，播层土壤含水率为19.8～23.5%的棉田，在棉花播种后30天观察，0～5厘米表层水分，露地总耗水量达10.4%，而覆膜的仅耗水6.8%，比对照多保蓄3.6%的水分。在0～40厘米土壤含水率为20%左右的棉田，同期内覆膜只耗水2.3%，露地为4.8%，覆膜比露地少耗水一倍以上。定位观测表层和耕层土壤水分的变化，表明覆膜有良好的保墒效果，基本解决了本区因春旱蒸发量大，棉花播后跑墒引起缺苗和苗期因缺墒不能培育壮苗和促进早发等问题。

2.盐碱地覆膜的抑盐作用

盐碱地植棉在开沟躲盐集中施肥的基础上，再加上沟内覆膜，对土壤返盐有明显的抑制作用。

试验结果表明，覆膜比露地全盐量(%)年际之间减少1倍至2倍多，增产3至4成不等。

3.盐碱地棉花覆膜的保苗促早发效果

由于地膜覆盖的增温保墒、抑盐效应，棉花能在播种后6～8天出齐苗，轻度盐碱地覆膜比露地早出苗8天，出苗率达95%以上，中度盐碱地覆膜比露地早出苗14天，出苗率达83.5%，基本达到一播全苗的目的。由于覆膜棉长势旺，壮苗早发，所以比露地棉花现蕾期提早13天，花期提早10天，9月中旬吐絮率达到60%以上，比对照提高20%左右，棉花生育进程明显提前。

4.盐碱地覆膜棉花的产量构成和“三桃”比例

地膜覆盖产生一系列效应，有利于盐碱棉田生态环境的改善，基本改善或克服了限制盐碱地棉花生产潜力发挥的多种不利因素，在综合栽培技术的配合下，盐碱地棉花产量有较大幅度的提高。据在商丘谢集大面积盐碱地植棉示范区调查结果，在轻度盐碱地，地膜覆盖皮棉单产一般为100公斤左右，多点平均比育苗移栽增产27.8%。试验区连续3年平均结果亦表明，在轻度盐碱的中下等肥力棉田，地膜覆盖皮棉单产平均为90.5公斤，比露地直播和育苗移栽分别增产37.4%和25.1%；在中度盐碱中下等肥力棉田，半免耕栽培加地膜覆盖，皮棉单产也达61.5～85.3公斤，比同一处理的育苗移栽增产30%左右。

地膜覆盖促进了棉花壮苗早发、稳长多结桃，从而调整了棉花的“三桃”比例，产量结构由过去的以伏桃为主体的格局，转到以伏前桃和伏桃为主的方面来。伏前桃比例占14.8～26.8%，伏桃占47.9～56.8%，秋桃占17.4～28.4%。在同等条件下，露地直

播“三桃”比例分别为：伏前桃2.0%，伏桃55.9%，秋桃42.1%。

为了探讨盐碱地棉花高产的技术途径，1983～1985年在河南省商丘县谢集乡进行试验，结果表明，在轻度盐碱中上等肥水棉田，采用地膜覆盖结合育苗移栽，皮棉亩产达120～153公斤，比覆膜直播增产16.3%，比移栽增产40%以上。在中度盐碱薄地也获得110公斤的产量，比移栽增产17.8%，成熟期提前15～20天，10月中旬前吐絮基本结束。地膜覆盖技术的应用，为黄淮海平原盐碱地植棉实现稳产高产和优质开辟了一条新途径。

三、增施磷肥，调整氮磷比

黄淮海平原盐碱土全磷含量为0.06～0.128%，但有效磷含量都很低，多在5ppm以下，本区古黄河背河洼地盐碱土的全磷含量为0.098～0.139%，有效磷含量为5～8ppm，与整个平原相近似。但由于土壤富含钙质，磷素易为钙质固定，生成难溶于水的磷酸三钙，从而降低了磷素的有效性。近年来盐碱地棉田施用磷肥较为普遍，土壤中速效磷含量比以前略有提高，但由于氮肥施用量逐年增加，亩施标准氮肥在不少地方已达到50公斤左右，氮磷比例仍然失调，磷素的亏缺已成为当前盐碱地棉花提高产量、改善品质的阻碍因素。

据多年调查研究结果证明，本区盐碱低产棉田，土壤普遍缺氮、磷，在增施氮肥的同时，相应地增施磷肥，使氮磷相互配合，增产十分显著。1984～1985年在谢集乡中度盐碱薄地棉田，亩施农家肥2000公斤，饼肥40公斤，标准氮肥30～40公斤的情况下，亩施过磷酸钙35公斤，并作为基肥集中沟施，将氮磷配比调整为1：0.5～1。试验结果证明，这一配比较只施氮不施磷的对照增产33.3%，每公斤纯氮生产皮棉比对照提高89.6%，从而提高氮肥的利用率和经济效益。

研究和大面积示范结果还表明，在极度贫磷又未基施或追施磷肥的棉田，在棉花开花结铃盛期，用0.5%的磷酸二氢钾和2%的尿素混合液进行叶面喷洒，每隔7天一次，连续2～3次，给棉株补充磷素，也能起到增铃、增重、增衣分的作用，并提高霜前花率。

四、广辟肥源，提高土壤肥力

黄淮海平原盐碱地有机质含量一般为0.5～0.8%，商丘古黄河背河洼地盐碱地含量更低，仅为0.36～0.45%。土壤瘠薄是盐碱地植棉普遍存在的问题，提高土壤肥力不仅能满足棉花丰产对营养的需要，还能改善土壤的结构和宜耕性，增强抗旱防涝能力，提高水分的有效利用率。

提高土壤肥力除了增施农家肥，增加秸秆还田量外，近年试验研究冬季或早春在棉花预留行间套种绿肥掩青取得成功。如商丘谢集乡盐碱沙薄地早春播种毛叶苕子、箭舌豌豆等，掩青时亩产鲜草400～600公斤，初夏耕翻掩青后育苗移栽短季棉“中棉10号”，0～20厘米耕作层的土壤理化性状比种植前有明显的改善，达到快速培肥土壤的目的。掩青后比种植前土壤盐分减轻41%，有机质、全氮、速效磷则分别提高46.8%、30.3%、42.6%，抑盐和培肥效果均很显著。如果将鲜草或干草作为饲料，实行过腹还田，则更能提高其利用价值和经济效益。绿肥翻压田由于提高了土壤肥力，皮棉亩产81.5公

斤，比对照亩产63.2公斤，增产29.1%。冬前在预留棉行间套种蚕豆，也是培肥土壤，增产增收的有效措施。每亩可收蚕豆130～175公斤，秸秆500公斤，皮棉亩产75公斤，产量与单作对照相近似。

五、盐碱地植棉的综合栽培技术

根据土壤含盐量和肥力水平制定植棉综合栽培技术规范，是盐碱地棉花实现防盐保苗、壮苗早发、早熟高产的依据。

土壤含盐量在0.2%左右的中上等肥力轻盐碱地，采用营养钵育苗移栽或地膜覆盖，加强肥水管理，合理调控棉株生育，1米等行距种植，每亩密度3000～3500株，皮棉单产可分别达到100公斤和125公斤。这类棉田采用常规直播易保全苗，但皮棉单产仅能达75公斤左右。

土壤含盐量在0.3%左右或有碳酸盐盐渍化的中等肥力棉田，在旱作栽培条件下，常规直播保苗率仅60%左右，皮棉单产30～40公斤，这类棉田宜采用开沟躲盐或半免耕种植法，沟内增施有机肥、磷肥，合理追施氮肥，每亩密度3500～4000株，同时结合育苗移栽或地膜小幅盖度（40～50%）覆盖等综合措施，采用开沟育苗移栽或地膜覆盖，皮棉单产分别达到47公斤和62公斤；半免耕育苗移栽或地膜覆盖，皮棉亩产分别达到71公斤和89公斤。

土壤含盐量在0.3～0.4%或有碳酸盐盐渍化的瘠薄旱作棉田，直播棉保苗率仅有15%左右。这类棉田必须在开沟躲盐、半免耕种植的基础上，增施有机肥、磷钾肥，每亩密度增加到4000株以上，采用加大密度少留果枝，育苗移栽或地膜覆盖后移栽，皮棉单产可分别达到35～51公斤和80公斤以上。

第五节　棉花营养特点与经济施肥

一、棉花营养特点

黄淮海平原棉区由于棉花品种、种植地区、气候条件及土壤类型的不同，棉花营养特点及需肥规律在各地表现出一定的差异，但基本规律和趋势是一致的。棉花一生中，各器官的发生发展特点之一，是营养器官和生殖器官重叠并进的时期较长。从种子发芽、出苗到现蕾结铃、吐絮成熟，每个生育时期各有不同的生长中心。在初花期以前，以扩大营养体为主，发根、长茎、增叶为生长中心，并逐步向增蕾转移；初花期以后，生长中心转向生殖器官的发育，以增蕾、开花、结铃为主。由于不同生育时期生长中心不同，因而棉花对养分的要求程度和吸收量也不相同。尤其是在生长中心由以营养生长为主，转向以生殖生长为主的重要转折时期，所需养分数量最大，保证有一定配比的足够的养分供应，才能实现棉花增蕾增铃、优质高产。

研究结果表明：棉花出苗到现蕾，吸收的氮、磷（五氧化二磷，下同）、钾（氧化钾，下同）养分，分别约占一生吸收总量的5%、3%、3%；现蕾到开花盛期，分别约占67%、32%和45%；开花盛期到吐絮期，分别约占23%、51%和41%；由吐絮到生长结束分别约占5%、14%和11%。

棉花一生单株吸收积累氮素为2.5～5克，磷为1.2～1.7克，钾为2.4～4克。棉花一生吸收的氮、磷、钾的比例为1：0.28～0.36：0.82～1.00。

棉花产量的高低与吸收矿质养分的数量有着密切的关系。亩产为50公斤皮棉，棉花从土壤中吸收氮3.5～9公斤，磷2～3公斤，钾3.5～7.5公斤；亩产75公斤皮棉，吸收氮10～15公斤，磷3.5～6公斤，钾13～16.5公斤；亩产125公斤皮棉，吸收氮13.5～18公斤，磷5～7.5公斤，钾13～17.5公斤。不同棉花产量与氮、磷、钾吸收量的关系如表12-6。

表12-6　棉花产量与氮、磷、钾吸收量的关系

皮棉产量（公斤／亩）	实际吸收量（公斤／亩）			折算每生产50公斤皮棉吸收氮磷钾量（公斤）		
	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
49.3	8.73	3.16	7.74	8.86	3.21	7.74
76.0	10.70	3.32	10.70	7.04	2.28	7.04
101.6	13.35	4.66	13.35	6.54	2.24	6.54
126.8	15.98	5.34	15.98	6.25	2.10	6.30

从表12-6可以看出，亩产50公斤皮棉吸收氮、磷、钾的量分别是8.73公斤、3.16公斤和7.74公斤；而亩产100公斤皮棉，对氮、磷、钾的吸收量分别为13.35公斤、4.66公斤和13.35公斤，产量增加了一倍，而氮、磷、钾的吸收量才分别增加了50%、50%和70%左右，由此说明，随着棉花产量的提高，吸肥量会相应增强；但当折算为每生产50公斤皮棉所吸收的氮、磷、钾的数量时，都有随亩产量的提高而递减的趋势。这个结果说明，①产量的增加，不单是增施肥料的结果，而是同其他措施综合作用的结果；②生物学产量达到某一程度范围时，有可能再进一步获取经济学产量。

多年的试验研究和生产示范的结果，棉田施用单元素的增产效果是氮＞磷＞钾。表明氮是增产的主导因素，以往由于缺磷、钾的土壤，也缺少氮素，所以单施磷、钾肥的效果不如施氮肥的明显。同样的试验，双元素配合的增产效果是氮磷＞氮钾＞磷钾，说明氮磷配合肥效明显，因而增产效果较大；但是，氮、磷、钾三要素合理配合施用好，棉花产量最高，其经济效益也最大。由此说明，棉花施肥要注意氮、磷、钾的配合使用，以提高经济效益。

在生产中，棉田施肥量必须大于棉株吸肥量。因为氮、磷、钾化肥施入土壤后，存在着挥发、反硝化、流失、固定等问题。另外，由于土壤还能释放部分氮、磷、钾，棉花吸收的养分比例，并不能机械地代替施肥的比例。一般情况，氮素化肥当年利用率最高只有30～40%；而磷肥易被土壤固定，利用率只有10～25%。所以，棉田施肥要考虑土壤类型，及其保肥、供肥能力和栽培技术水平，以及对产量的要求等，决定具体肥料种类及数量。

根据国内各地多年试验结果，初步总结提出不同产量棉花施肥量（表12-7），作为一般棉田施肥的参考。

棉花合理施肥与提高纤维品质关系极为密切。适量施用氮肥，可改善棉花营养状况，对纤维强度、成熟度、细度有着良好的影响，能提高纤维品质工艺指标。适量施用

表2-7　棉花产量与施肥量氮、磷、钾、施用比例

皮棉产量（公斤／亩）	施肥量（公斤／亩）			施用比例	吸收比例
	N	P_2O_5	K_2O	$N:P_2O_5:K_2O$	$N:P_2O_5:K_2O$
50	10.8	6.9	10.5	1∶0.6∶1	1∶0.36∶0.87
100	22.2	15.5	32.8	1∶0.7∶1.4	1∶0.34∶1
140	21.0	16.0	22.8	1∶0.8∶1.1	1∶0.28∶0.82

磷肥，能促进棉花早熟，提高霜前花率，对纤维强度、长度和种子含油量有良好作用。适量施用钾肥，能提高纤维成熟度和长度，提高种子品质和氮磷肥利用率。

二、棉花经济施肥

棉花经济施肥主要研究经济施用氮素化肥和氮磷配比，并且对不同产量水平氮素化肥的施用技术和肥效，及合理的氮磷配比都取得了比较明确的结果。

在不同棉区、不同土壤、肥力和不同耕作栽培方式的棉田施用氮肥，亩用氮素（纯氮量，下同）在7.5～10公斤以内，棉花产量都有不同程度的增加，但增产幅度各地表现不一。据综合分析，有以下三种情况：①增产效果不明显：中上等肥力的潮土、褐土棉田，土壤供肥能力较好，在每亩施用2000～3000公斤基肥的基础上，追施氮素化肥2.5～12.5公斤，增产效果不明显；②增产效果明显：中等和中下等肥力的潮土和褐土一熟棉田，每亩追施氮素5～10公斤，皮棉增产率随施氮量的增加而提高，但棉花烂铃和僵瓣花率也随施氮量的增加而增加；③施用氮素化肥年际之间增产效果不一致。一熟棉田施用氮素化肥棉花产量有所增加，但增产幅度不一，主要受年际气象因素的影响，特别是受现蕾、开花、结铃期降雨量、雨量分布状况及日平均气温和日照时数的影响。倘雨量适中，分配均匀，肥水并举，常可获得显著的增产效果。

综合以上三种情况，可以看出，施用氮素化肥，可以增加棉花产量。中等肥力棉田，在亩施一定数量农家肥的基础上，每亩追施氮素5～10公斤，亩产皮棉可以达到60～75公斤，甚至更高些。但增产效果随不同土壤、不同肥力状况、不同耕作方式而异。特别是同一棉田因年际之间气象条件不同，施肥效果常受其制约。通过试验和示范对比，还证实，凡化肥亩用量（纯氮量）超过12.5公斤的棉花产量一般比用量在10公斤以内的减产。

关于经济施用氮素化肥的增产机理，协作组利用^{15}N同位素示踪法研究不同施氮水平对棉花吸收利用氮素养分的影响，证实亩施15公斤纯氮比亩施10公斤纯氮，皮棉产量没有明显增加，甚至有所下降。其主要原因在于，多吸收的氮素养分在棉株体内分配不合理，即多吸收的氮素养分大部分转运到营养器官中去，使氮过多积累达37.6%，而生殖器官仅多积累氮13.5%。说明氮肥过多，茎叶吸收多，而生殖器官吸收少，因而棉花产量增加不显著。^{15}N示踪结果还指出，亩施15公斤纯氮的，比施10公斤纯氮的棉花，平均每株多吸收79.7毫克氮素肥料，但肥料利用率低4.13%，土壤残留率低21.1%，氮肥损失率高25.2%，因此对土壤氮素平衡并无增益。这些结果，为经济施用氮素化肥提供理论依据。

1984～1986年，各协作单位进行了棉花氮素化肥经济施用技术试验研究和大面积示

范推广，基本明确了不同棉区、不同土壤、肥力，不同耕作方式棉田施氮量与棉花生育与产量的关系，并初步阐明氮肥施用过量或不当导致棉花减产的理论依据，总结出棉花高产最佳施氮量的氮肥施用适期，提出如下棉花经济施用氮肥技术规范：

（1）不同棉区、不同土壤、不同肥力棉田，采用不同的施氮量，其增产效果差异显著，而这种差异与土壤有效氮素供应水平有密切关系。因此，不同肥力水平棉田和不同产量指标棉花的适宜用氮量是不完全一致的。在当前生产条件下，一般棉田较为经济的用氮量为亩施纯氮5～10公斤。但各类棉田具体施用量有所不同，土壤肥力较高（土壤有机质1%以上，全氮量0.06%以上）的高产棉田（亩产皮棉100公斤左右），每亩适宜用氮量5～7.5公斤；中等肥力（土壤有机质1%左右，全氮量0.05%左右）的中产田亩产皮棉75公斤左右；肥力较低（土壤有机质低于0.8%，全氮量0.04%以下）的低产棉田（亩产皮棉50公斤以下）的适宜用量为每亩施用纯氮7.5～10公斤。在合理经济施肥的同时，要看天、看地、看棉苗生长情况，加强其他田间管理，以充分发挥肥料的增产效应。

（2）氮素化肥的经济施用，要根据每亩施用的数量进行科学、合理的分配，把少量的肥料用在刀刃上，充分提高肥效，取得最大经济效益。在肥水条件较好的高产棉田，每亩施氮量5～7.5公斤，可分2～3次施用，采用“前轻后重”的原则，重视花铃肥的施用；在一般中等肥力棉田，每亩施氮量7.5公斤左右，可将用量的四分之一在播种前施用，促进壮苗，其余分2次用作蕾肥和作为花铃肥重施；在肥水条件较差的低产田，每亩施氮量不少于7.5公斤，应重视前期施肥，将用量的三分之一用于播种前施用，其余分作蕾肥和初花期肥追施，促进棉花壮苗早发，搭起丰产架子。如果肥料数量达不到计划要求时，要灵活掌握，在高产田应重施花铃肥，中产田应重视在盛蕾期和初花期追施，而低产田则应重视在播种前（或在苗期）和蕾期施用，以充分发挥肥料增产效益。

（3）为提高氮肥利用率，要实行有机肥与氮素化肥的配合施用。试验示范证明，有机肥与氮素化肥配合施用，棉花增产效果好。因此，经济合理施用氮素化肥，按当前一般棉田亩用氮量5～7.5公斤的水平，每亩配合农家肥1000～1500公斤作底肥施用，可提高土壤供肥能力和肥料利用率，实现棉花优质、高产、低成本的目的。

“六·五”期间，协作组对棉花施肥技术还进行了磷、钾肥肥效试验，氮、磷、钾肥料用量、配比试验，微肥肥效试验等，也取得了初步结果。由各单位试验结果初步看出，黄淮海平原一般高产棉田，在施氮水平提高的情况下，施用磷、钾肥有明显的促进早熟、增加产量和改善提高纤维品质的作用。由氮、磷、钾用量和配比试验结果初步看出，亩产皮棉60～75公斤，亩施纯氮7.5～10公斤时，N·P（P_2O_5）·K（K_2O）的适宜配合比例为1：0.5～1：0.5～1。

多年来，国内外对棉花营养诊断进行了大量的研究，但由于各地自然条件复杂，品种、栽培特点不同，无法总结出普遍适用的指标。目前，对氮、磷、钾的临界水平多倾向于以叶柄中的速效养分含量来表示，美国习惯以干重为基数，我国和苏联大多以鲜重为基数，以便于速测。对其他营养元素，特别是微量元素，则大多分析叶片的全量养分。现将国内研究的高产棉田棉株叶柄速效养分含量适宜范围列于表12-8。

以表12-8为标准，一般认为，棉株养分浓度显著高于临界水平的，为养分供应过度；接近临界水平的为供应适中；相当于临界水平50～70%的为供应不足；低于临界水平40%的为养分严重亏缺。高产棉花各生育期养分含量应在临界水平上下，特别是在需肥敏感期

表12-8 高产棉田棉株叶柄速效养分含量的适宜范围

生育时期	苗 期	蕾 期	初花期	盛花期	初絮期
硝态氮(ppm)	400～700	300～600	100～200	200～300	100
速效磷(ppm)	10～30	50～150	200～300	200～300	150～250
速效钾(ppm)	500～700	800～1000	800～1000	800～1000	700

（花芽分化始期）和需肥高峰期（花铃盛期），如果养分不足或过多，就要采取相应的技术措施进行促控，使体内养分浓度达到临界水平。

在土壤缺少微量元素的棉田，施用一定量的微肥，能促进棉花生育，提高棉花纤维品质，取得较明显的增产效果。中国农业科学院棉花研究所1983年以来研究表明，硼、锔、锌等微肥有增加铃重、衣分、绒长的作用。如施锌肥的单铃重增加7.7～10.6%，衣分及绒长增长率均为2.4%左右，锌肥还有促进早熟的作用，霜前花率比对照增加5%。

三、施 肥 技 术

1.基肥的使用

有机肥料以作基肥为主。一般为厩肥、堆肥、土杂肥和绿肥等迟效肥料，在基施有机肥料中，也可混合加施饼肥和化肥。在土壤缺磷、钾的棉田，常增施磷、钾肥作基肥，这有利于深层根系的吸收利用，符合棉花需肥规律。旱地棉田和一般中下等肥力棉田，倘用氮素化肥做基肥，根据土质和气候条件等，其用量可占总量的50～60%左右。

由于棉田用作基肥的农家肥料有多种，它们的养分含量和当年棉株对它的吸收利用率都不相同，当年利用率一般约30%左右。所以，用做棉田基肥的施用量必须多一些。黄淮海平原棉区一般棉田基肥、堆肥或土杂厩肥每亩约2000公斤以上，高产田4000～5000公斤。

绿肥是一种优质的有机物，成本低、效益高。绿肥作物养分含量丰富，压青作棉花基肥，是肥效发挥较快的有机肥，一般当年被棉株吸收利用率可达80～90%。黄淮海平原也有个别棉区利用比较耐寒的毛叶苕子、箭舌豌豆等。头年9～10月间在棉行套种，第二年棉花播种前翻压作棉花基肥，一般豆科绿肥亩产鲜草量可达2000公斤。在有机肥源缺乏的地区，可利用饼肥作棉田基肥，一般每亩用量50公斤。基施磷肥，施用过磷酸钙一般每亩用量以25～50公斤为宜；基施钾肥，施用硫酸钾或氯化钾，一般每亩用量约10～15公斤。

棉田基肥要早施，最好是在冬季耕地时，一次均匀撒施在地里，然后翻耕入土，以利于肥料充分腐熟分解。春施的基肥，施的浅，不利于肥料分解，而且春耕施肥容易引起土壤跑墒，不利于棉花播种出苗。如果由于肥料不足，或遇其他特殊情况冬耕未能施肥的，也要在春季尽量早施早耕。

近年来推广应用棉花育苗移栽和地膜覆盖栽培，为了促使棉苗健壮早发，改进了基肥施用方法，即除冬耕深翻施用较多的农家肥和磷肥外，并在移栽前或地膜棉花播种前，于计划种植行上开沟（深15厘米左右），将腐熟饼肥（每亩25公斤左右）和化肥（每亩尿素7.5～10公斤或碳酸氢铵30公斤左右）混匀集中施在沟内，然后覆土耙平，再播

种或移栽，这样的基肥分次分层施用方法，可以提高肥料吸收利用率，有利棉花壮苗早发，早熟高产。黑龙港旱地棉区，近年在有机肥源缺少的地方，也有采用碳酸氢铵一次双层基施的方法，棉花增产优质的效果也很明显。化肥基施的优点是，使棉田基肥由单一的有机肥，发展为有机与无机肥相结合，迟效肥与速效肥相结合，既可补足幼苗期土壤供氮能力，又能持续不断地供给棉花生育需要。基施化肥还可以代替种肥的作用，而且比施用种肥安全有效。

2.追肥的施用

为了满足棉花各生育期对养分的需要，要进行分期追肥。一般追肥要根据各地区的气候、生产特点、土壤类型、肥力，以及棉株不同生育时期的要求等，分别对待。切实掌握好以“看苗”为中心的原则，及时供应棉花生长发育所需养分。

一般追施氮素化肥的数量约占总施用量的40～50%，不同生育期在施用量上要掌握“轻、稳、重、补”的原则，即棉花苗蕾期，肥料施用要“轻、稳”，开花至花铃期则要“重、补”。分期追肥次数，要本着经济、合理的原则，中等或中等以上棉田，用在蕾期、花铃期，一般次数以2～3次为宜。要改变以往高产棉花追肥“少吃多餐”，盲目增加追肥次数的做法。

在追肥的肥料种类上，要根据棉花不同生育期的特点，采用速效、迟效相结合的做法。若用苗肥，则施用速效性氮肥，使肥料迅速发挥肥效，促使棉苗发根壮棵；蕾期施用腐熟的缓效性饼肥和速效氮肥结合，这样不会使肥效发挥过猛，而引起营养生长过旺，影响花蕾的增长；花铃期采用重施氮素化肥，以保证较长时期内大量开花结铃对养分的需要。结铃盛期为保伏桃，争结早秋桃，对肥力衰退的棉田，可适当补施或喷施一些速效性氮肥或磷、钾肥。

黄淮海平原棉区棉花分期追肥具体时期、数量如下。

（1）苗期追肥　棉花苗期一般气温较低，土壤有机肥料分解较慢，不能及时供应幼苗生长所需要的养分，土壤若缺乏速效氮肥，常影响幼苗健壮生长。这时，可适当施用一些速效氮素肥料，对促进棉苗健壮生长有明显的作用。在群众通常认为“发老苗、不发小苗”的粘土及盐碱地棉田，早施、轻施苗肥（以氮、磷化肥为主），也有明显的促壮作用。

苗肥要早施，一般在棉苗出现2～3片真叶时追施为宜，亩用硫铵4～6公斤。黄淮海平原棉区，定苗后结合中耕追施苗肥，多采用行间开沟条施或挖穴点施。因为这时棉苗根系不大，吸收范围有限，开沟、挖穴距苗7厘米远、7厘米深为宜。如用碳酸氢铵则要深施到9厘米左右，且要随施随埋，防止灼伤棉苗。在麦棉或油菜棉套作棉田，在棉苗2～3片真叶后结合前作浇水，追施提苗肥比较有利，一般用量可稍大，以每亩施硫铵5～7公斤，或尿素5公斤为宜。育苗移栽的棉花，苗肥一般在移栽时，将速效氮肥（亩用硫铵5～7公斤）与少量有机肥（亩用腐熟厩杂肥100～150公斤）和少量磷肥（亩用过磷酸钙10～15公斤）混合作为安家肥，施在移栽沟内。

（2）蕾期追肥　蕾期是棉花生长发育的转折时期，需要吸收较多的养分。蕾期追肥必须适量施用氮肥以搭好丰产架子，多长果枝，多现蕾，为早发和延长有效开花期及多结铃打好基础。蕾期施肥要做到稳施、巧施，使棉株营养生长与生殖生长协调发展，实现发棵稳长。

稳施蕾肥要求做到既稳又快，既能满足蕾期养分需要，又要做到“蕾施花用”。因此，蕾肥要实行有机肥与无机肥相结合，速效肥与缓效肥相结合的原则，以便使棉株持续平稳地吸收利用养分，保证棉株稳长发棵。同时，有机肥分解慢，蕾期的有机肥料，可以起“蕾施花用”的作用。

蕾肥用量一般化肥为每亩施硫酸铵5～8公斤，钾肥除用作基肥外，也可以用二分之一的用量（每亩氯化钾5～7公斤）在蕾期施用，并结合施用腐熟好的饼肥（每亩20～40公斤）。巧施蕾肥，仍要以“看苗”为主，因地因肥制宜，灵活掌握肥料种类和数量，特别要注意氮素化肥的使用。

蕾肥一般在初蕾期一次施下。多年的试验示范结果和生产实践认为，在中等肥力棉田，蕾肥以在初蕾期施用为宜，而在上等肥力棉田则宜在盛蕾期施用。蕾期追肥一般是将化肥和饼肥混合施用，结合中耕开沟深施到10厘米以下土层内，距棉株15～20厘米处。蕾期遇旱，施肥最好结合浇水，以便及时发挥肥效。

（3）花铃期追肥　棉花开花以后是生育最旺盛时期，这时大量开花结铃，积累的干物质最多，对养分的需要量大增，叶片内大量养分被消耗，亟需补充；而这时土壤中速效氮含量急剧下降，基肥肥力过劲，因此必须重施花铃肥，以补土壤养分的不足。花铃期追肥可保证土壤养分充足，有利茎叶生长，实现增蕾、增铃、增铃重。重施花铃肥，还可充分利用伏期气温高、光照足的有利时机，为棉花伏期多结桃、长大桃创造良好的物质条件，从而实现棉花早熟、高产、优质。

花铃肥一般用量要多，主要使用速效氮肥，以便迅速发挥肥效，供棉株吸收利用。一般每亩施用硫铵13～25公斤，约占总追肥量的二分之一至三分之二。花铃期追肥的数量和时间，要看天、看地、看棉花品种和长势，灵活掌握。在地力较差，而蕾肥施用数量又少的棉田，棉花长势不壮，应在初花期施用，以座伏桃，争早秋桃。在肥力较高，前期化肥用量又较多的棉田，棉株长势旺盛，花铃肥要适当晚施。一般在棉株下部座稳2～3个大桃时施用，促进增铃、增铃重。营养钵育苗移栽的棉花发育早，早桃较多，易早衰，因此，花铃肥要适当早施、重施。一般每亩施硫铵15～30公斤，防止脱肥早衰。前期旺长的棉花，也要施好花铃肥，以防止前疯后衰。

黄淮海平原棉区的花铃期一般已进入雨季，雨量较充沛，但也有不少年份，雨季提早或推迟。因此，花铃肥要掌握好天气情况，看棉花长势长相，适时适量施用。施肥时一定要把肥料施在根系分布密集，生活力强的湿润土层里，才能充分发挥肥效。适当的施肥方法是在棉花行间，结合中耕培土进行开沟深施，深度不宜浅于10厘米。

此外，为了防止棉花早衰，充分利用棉花有效生长季节，争取多结桃、结大桃，提高铃重和衣分率。对棉株中、下部座桃较多，而长势开始衰退的棉田，需补施适量的速效肥，以争取早秋桃，保伏桃和增铃重。后期补施铃肥仍以速效氮肥为主，可采用开沟施，也可以采用根外喷施氮肥或磷、钾肥，后期施肥时间不能过迟，数量不宜过多，以防秋季雨多、肥足、棉株秋发，出现“二次生长”。黄淮海平原棉区后期补施桃肥，一般在8月上旬，每亩用硫铵10公斤，秋季干旱时要结合浇水，以水促肥，及时发挥肥效。

第六节　棉花优质高产结铃模式调节新技术

一、棉花优质高产结铃模式

黄淮平原一年中的气温变化是两头低，中间高，适宜棉铃发育的时间有一定的限制。该地区一般从7月上旬开始即达到棉株开花结铃所需要的温度，至8月中旬以后温度逐渐下降，进入8月下旬以后即明显降低。安阳地区常年9月底以后，淮北常年10月上旬以后，温度即降至18°C以下，纤维素的淀积已受影响，其间约有35～40天的适宜棉铃发育的时间，这段时间的光照条件也较好，称之为最佳结铃时期。棉花开花结铃的时间延续很长，不同时期结铃的铃重和纤维品质均不相同。1986年在安阳、淮北两地测定了不同时期结铃的铃重和纤维品质（表12-9）。

表12-9　不同时期结铃的铃重和纤维品质

开花日期（日／月）＼地点＼项目	单铃重（克）	2.5%跨距长度（毫米）		纤维长度整齐度比（%）		比强度（克／特克斯）		纤维伸长百分率（%）		麦克隆值	
	安阳	安阳	淮北	安阳	淮北	安阳	淮北	安阳	淮北	安阳	淮北
10/7	4.4	31.6	30.0	52.0	46.9	19.6	18.0	6.70	6.0	4.5	4.5
10/7（烂铃）	3.4	30.9		44.0		19.5		6.30		2.9	
20/7	5.4	33.3	29.5	52.4	47.8	21.1	19.8	7.05	6.1	4.5	4.4
30/7	5.5	30.5	29.5	50.2	48.7	19.6	18.3	6.40	5.9	4.6	4.6
10/8	5.2	31.0	31.1	49.7	49.4	20.0	18.6	6.75	6.5	3.7	4.4
20/8	3.2	26.9	28.6	45.1	44.6	15.3	18.3	4.80	5.7	2.0	3.7
30/8	1.2	26.4	29.6	43.1	47.3	13.1	18.0	4.85	6.3	1.7	4.5

注：品种均为中棉12号

由表12-9可见，安阳测定结果：7月10日开花的平均铃重为4.4克，同期烂铃僵瓣花的铃重仅3.4克；7月20日、7月30日、8月10日三期开花的铃重显著增高，分别为5.4、5.5及5.2克；8月20日以后开花的铃重又下降，仅为3.2克；8月30日开花的铃重减为1.2克。这几个时期铃的纤维品质测定结果也有同样趋势，无论是2.5%跨距长度，比强度，还是麦克隆值，7月10日～8月10日4期开花的铃都比较高，而8月20日、8月30日开花的铃的几项指标已明显下降，7月10日开花的烂铃，其麦克隆值也下降为2.9。其他品质指标如纤维整齐度比，纤维伸长率等也有同样趋势。研究表明，安阳地区在黄淮平原的位置偏北，纬度偏高，棉花生长后期温度下降较快，因而，最佳结铃季节受到一定的限制。

淮北测定结果：从7月10日至8月30日各期品质指标均无明显下降，只有纤维伸长百分率和麦克隆值在8月20日一期有略低的趋势，但至8月30日时又增加上来，表明淮北纬

度偏低，热量条件较好，与安阳的结果有所不同，因此，黄淮平原南部的最佳结铃季节可延长至8月30日。此外，从烂铃情况看，7月15日以前早期结的铃都在下部，当时虽然温度已较高，但田间荫蔽，因而烂铃率很高。据在淮北1970～1983年调查，伏前桃烂铃率达93.6%；在安阳调查，1～4果枝的烂铃率，1984年为44%，1985年为48.5%。由此可见，黄淮平原的最佳结铃季节按不同地区应在7月15～20日至8月20～30日的35～40天之内。

习惯上将棉铃按时期划分为四桃，即伏前桃、伏桃、早秋桃和晚秋桃。伏前桃（7月15日以前结的大桃）结得最早，温度条件虽好，但处在棉株下部，光照不足，后期常易霉烂。伏桃（7月16日至8月15日结的大桃）和早秋桃（大体为8月16日至8月25日或30日结的大桃）所处的时期，温、光条件最好，发育成熟好，铃重大，烂铃少，品质好，是构成优质棉产量的主体桃。晚秋桃（8月25日或30日后至9月10日或15日结的大桃）所处的时期，温度明显下降，已不能成熟吐絮，铃重轻，品质差。

综上所述，黄淮地区棉花优质高产结铃模式应是在最佳结铃时期内多结伏桃和早秋桃，不要或少要伏前桃和晚秋桃，从而增加中期优质的好花产量，尽量减少劣质的僵烂花和霜后花。

二、棉株在早发基础上去除早、晚蕾的调节效应及增产效果

为了实现上述优质高产结铃模式，需要从栽培技术上采取相应的措施。近年来，中国农科院棉花所与安徽淮北市农林牧渔业局、山东省农业管理干部学院等单位协作研究了在棉株早发基础上去除早、晚蕾的调节新技术。这是因为棉花具有无限生长的习性，对蕾、铃生长有很强的补偿能力，利用这一特性，在棉株早发的基础上去除早、晚蕾，特别是除早蕾，能对棉株产生一系列的生育、生理效应，可对棉株结铃的时间和部位进行有效的调节，能促使棉株集中多结伏桃和早秋桃，达到优质增产的目的。

1.除早蕾对棉株营养生长的影响

除早蕾后，调节了棉株体内养分的分配，显著地促进了营养生长，加快了棉株的生长速度，使营养体迅速增大，为中期多结铃打下基础。

（1）对株高、茎粗和根系的影响　除早蕾分人工，化学两种方法。人工去早蕾10天后即表现株高增长加快，20天后株高日增长量更明显超过对照，其长势维持时间较长，最后除蕾处理的株高均比对照高。据中国农科院棉花所1985年试验结果（表12－10），7月2日～15日平均株高日增长量各去蕾处理分别比对照增加0.03、0.28和0.34厘米；7月16日～30日平均株高日增长量各处理仍比对照增加0.37、0.59和0.47厘米，至8月中旬去蕾处理株高比对照高5～10厘米。化学除蕾由于喷乙烯利溶液后所产生的乙烯抑制了主茎顶端生长素的产生，使生长素产生可逆的钝化作用，在喷后10天之内对棉株生长有抑制作用，株高增长减慢，10天以后这种抑制作用逐渐解除，又不断产生生长素并恢复其活力，棉株生长开始活化，株高日增长量逐渐加快，最后的株高也超过了对照。

除早蕾后，棉株茎秆也长得粗壮。据淮北市1984年调查，除蕾棵主茎直径比对照大0.3～0.6厘米。

除早蕾还能促进地下部根系的发育。据中国农业科学院棉花所1985年8月15日测定根系干物重（测自然拔起部分），人工除蕾的单株平均根系干重为15克，比对照13.3克增加1.7克；化学除蕾的根系干重亦为15克，比对照11.7克增加3.3克。

表12-10　除早蕾后棉株株高日增长量变化情况

单位：厘米

单位	年份	处理		日期（日/月）15/6～25/6	26/6～5/7	6/7～15/7	16/7～25/7	26/7～4/8	5/8～14/8
淮北市农林局	一九八四	中$_8$选系地膜化学除蕾		1.20	2.33	2.86	1.95	0.17	0.70
		中$_8$选系地膜对照		2.78	2.32	1.97	0.76	0.17	0.26
		中$_9$X迪克西金F$_1$化学除蕾		1.26	1.80	2.36	2.21	0.87	1.11
		中$_9$X迪克西金F$_1$对照		2.19	2.50	2.11	0.52	0.14	0.26
		中$_{31}$　化学除蕾		1.42	1.78	2.74	1.84	0.53	0.79
		中$_{31}$　对照		2.42	2.43	2.05	0.32	0.25	0.07
中国农科院棉花所（安阳）	一九八四	盖地膜	化学除蕾600ppm		1.17	2.17	2.29		
			对照		2.42	1.97	0.59		
		不盖地膜	化学除蕾600ppm		1.22	2.22	2.09		
			对照		2.28	2.62	0.73		

单位	年份	处理	日期（日/月）14/6～2/7	3/7～15/7	16/7～30/7	8月14日株高
中国农科院棉花所（安阳）	一九八五	人工除蕾4个	3.16	2.13	1.17	114.2
		人工除蕾8个	2.76	2.36	1.39	117.1
		人工除蕾12个	2.68	2.44	1.18	116.2
		对照	3.11	2.10	0.80	109.9

（2）对叶面积的影响　除早蕾棉株，由于体内养分的转化，随着果节增长速度的加快，叶片数和叶面积也迅速增大，人工除蕾10天后，叶面积即超过对照。化学除蕾的棉株经过钝化过程后，叶面积也很快超过对照。这样由于新生叶和叶面积的增加使棉株在开花结铃盛期合成的有机养料增多，有利于增结中期棉铃。

2.除早蕾对棉株生殖生长的影响

去早蕾后，由于棉株自身的补偿作用，使纵、横向现蕾间隔时间缩短，现蕾速度加快；又因棉株营养体增大后，对蕾铃生长提供了更多的养料，因而处理棉株的单株蕾数和总果节数均很快超过了对照，保证了在最佳结铃期内大量开花结铃所需的蕾数。据1985年试验，人工去早蕾12天后，处理棉株比对照的蕾数少5.2～9.0个，到7月15日调查，除8和12个蕾处理的蕾数和总果节数均已赶上对照；至7月30日各除蕾处理的单株蕾数均已超过对照；至8月14日对照蕾数为16.4个，各处理分别超过对照5.9、7.3和3.8个。化学除蕾的处理也得到了同样的结果。

除早蕾棉株在盛花始期代谢类型转换以后，棉株的营养器官与生殖器官同步增长，使营养器官同化有机养料的旺盛期与棉铃增长的高峰期及当地光能资源的“富照期”相吻合，又由于棉株结铃自我调节能力的发挥，在最佳结铃期内能集中开花结铃，有明显的成铃高峰，日增铃峰值高，持续时间长，伏桃和早秋桃比例增加。淮北市1984年试验，三个品系采用除早蕾栽培法的在7月20日～8月31日期间比对照单株多开花6.7～

28.2朵。中国农科院棉花所1985年人工除早蕾试验结果（图12-1），7月30日前不除蕾的对照开花结铃早而快，成铃日增长量高峰出现较早，7月30日～8月14日各除早蕾处理的成铃速度便很快赶上或超过对照，出现成铃高峰期，其峰值明显超过对照，平均日增铃达0.74～0.83个，对照只有0.38个，其中除12个蕾的峰值最高，出现了除蕾多的日增铃也愈多的趋势，而且高峰持续时间长，一直延续到8月底。最后对照单株总成铃数为29.8个，各除蕾处理分别比对照多2.8、4.1、1.7个。

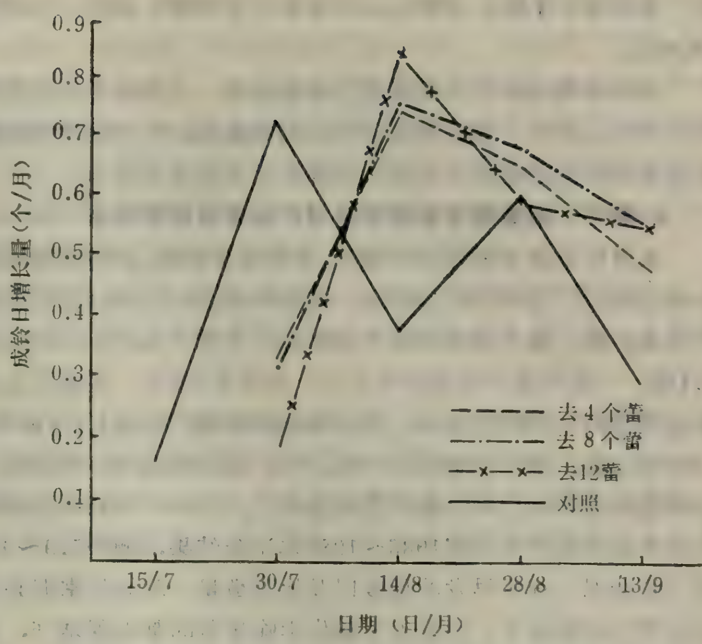


图12-1 人工除蕾成铃日增长量动态变化

由于除早蕾棉株在最佳结铃期内开花结铃集中，平均单株日增铃量超过对照，有效地调节了棉株结铃时间的分布，使中期的伏桃和早秋桃比例显著增加。1986年试验结果为，人工和化学除蕾的两种桃占总桃百分率92.8～97.1%，而对照为87.1%，增加10%。

3.除早蕾对棉株生理活性的影响

除早蕾后，引起棉株代谢上的多种变化，增强了地上和地下部的生理活性，养分供应增多，有利于在最佳结铃期间多结铃。表现在以下几方面：

（1）棉株叶片叶绿素含量增多，光合作用强度增强　1986年测定，除蕾后21天，人工和化学除蕾的叶绿素总量比对照增加43.1%和51.1%，其中主要是叶绿素a含量的增加，有利于光合作用的加强。除蕾棉株的光合强度也均比对照高，1985年测定，在除蕾后21～32天期间差异较明显，除蕾株光合强度比对照高1.3～2.5毫克／分米^2·小时，最多的高12.5毫克／分米^2·小时，而且在除蕾51天后，光合强度仍显著高于对照。这时正是结铃盛期，合成的有机养料多了，有利于多结伏桃和早秋桃。

（2）根系活力与吸收能力增强　除早蕾后，促进了根系发育，因而根系的活力与吸收能力均有所增强。叶片硝酸还原酶活力与根系吸收氮素营养有关。1986年测定，除早蕾20天后，人工和化学除蕾的硝酸还原酶活力比对照有所增加，其中化学除蕾的比人工除蕾的较强些。除蕾30天后硝酸还原酶有所下降，但40、50天后，除蕾棉株仍比对照的强。

根系生长健壮与否同根系中脱氢酶活性的强弱有关。1986年于除蕾12天后，测定棉株根系中的脱氢酶活性，人工除蕾的比对照的脱氢酶活性强，化学除蕾的则略低于对照，但至21天后两者均比对照增强，人工和化学除蕾的脱氢酶活性分别为39.7和33.2微

克／克鲜重·小时，对照为25.0微克／克鲜重·小时，处理分别比对照增加58.8%和32.8%。

1985年测定除蕾棉株根系伤流量表明，人工除蕾的在除蕾后15天根系伤流量即明显高于对照，而且一直持续到55天后仍有差异，化学除蕾的棉株由于钝化过程，15天后除蕾棉株的伤流量尚低于对照；至25天后也超过了对照。

4.除早、晚蕾调节新技术的增产效果与经济效益

采用早发除早蕾栽培的棉花，其单株成铃数、亩成铃数均超过了常规法栽培的对照，铃重也较大。在中等肥力棉田，亩成铃数在6.5～8.0万个之间时，采用除早蕾栽培的棉花亩成铃数一般可增加2000～8000个，多的可达1万个以上；平均单铃重约可增加0.15～0.4克；一般可增产皮棉10%左右，少的也有5%，多的可达20%以上。中国农业科学院棉花所1985～1986年试验，人工除早蕾的增产皮棉4.7～6.4%；该所商丘基点1986～1987年试验，增产皮棉11.7～28.5%；冀县基点1987年试验，增产皮棉13.7%。淮北市农林牧渔业局在已有试验示范的基础上，1984～1986年试验结果，增产9.7～25.1%；山东省农业管理干部学院1985～1986年试验结果，增产5.9～9.7%。增产率的大小与当年的气候情况、棉株早发的程度以及除蕾数量、时间的掌握是否适宜有关。在气候正常和方法得当的情况下，无论人工和化学除早蕾的都表现增产，其中以人工法增产较稳定，化学法如遇不良气候或方法稍有不当，效果尚不够稳定，使用时要慎重。

除晚蕾的效果，据中国农科院棉花所1986～1987年试验，在水肥条件好，后期棉株长势好的棉田，采用人工除晚蕾或缩节胺控晚蕾，每亩增产皮棉5.3～9.6%。

由于除早蕾棉株的成铃部位上移，使烂铃大为减少，烂铃率比对照少30～50%；又因除早、晚蕾处理的伏桃和早秋桃比例大，因而采用新栽培法的棉花，其霜前好花率比对照增加约10%左右。

除早、晚蕾法栽培的棉花产量高，品质好，因而经济效益也高。皮棉一般可提高品级0.5～1级，售价也提高。如1985年试验，人工除蕾的每亩可增收20～50元。化学除蕾的即使平产，但僵烂花少，好花率高，经济收入仍比对照高。

三、除早、晚蕾的方法及技术

采用除早、晚蕾措施，必须掌握适宜的方法，并与其他措施相配合，才能发挥较好的效果。

①棉田要求具有中等肥力，灌排条件要好。施肥量要稍偏多，基肥要施足，并配合施些饼肥和磷肥，缺钾棉田需施钾肥，以保持棉株后期仍有足够的长势，防止早衰。花铃期的肥、水一定要满足供应，花铃肥要重施，一般分两次：第一次在代谢类型转变时施（即开花时），约在7月15日～20日，施总用量的三分之一；第二次施其余的三分之二，两次间隔10天左右。花铃期遇旱要饱浇水。

②要选用结铃性较强，后期长势好的优质高产品种。

③必须以早发为前提，实现早发的措施是采用育苗移栽或地膜覆盖，要求在5月底、6月初现蕾，至少也要在6月上旬现蕾。这项技术适合在无霜期长的地区进行。

④种植密度不宜过大，一般以每亩3000株左右为宜，行距要适当放宽，以2.5～3.0尺的宽行为好。

⑤除早蕾方法：一种是人工方法，即在6月20日～25日之间，根据棉株早发程度和长势，用手工除去下部1～4果枝上的幼蕾，单株除蕾量为4～8个，一般以8个为好，或在棉株长至8个果枝时，打去下部2～3个果枝。人工方法较易掌握，效果也稳定，是目前主要采用的方法。另一种是化学方法，也在6月20日～25日之间，使用乙烯利溶液，浓度为600ppm，每亩水量40～50公斤，喷棉株下部1～4果枝上的蕾，严防将药液喷到主茎生长点上，注意喷药的时间和部位，晴天温度高，喷的效果好，喷药的果枝部位要控制好，不宜过高，化学方法常不易掌握好，效果不稳定，使用时要慎重。

除蕾的数量和时间要根据棉株早发的程度、长势以及当地的最佳结铃期来确定，一般以使棉花在7月15日或15～20日之间进入开花期为准，长势弱的用人工方法，长势强的用化学方法。

⑥对于在盛花始期还不能调相的（即由营养生长为主转变为以生殖生长为主），要使用缩节胺等控制措施，缩节胺粉剂每亩用量约2～3克，水量30～40公斤。

⑦适时打顶，单株留果枝15～18个。8月上旬末配合除晚蕾，用人工打去上部果枝边心或用缩节胺溶液（每亩缩节胺用量3克）喷上部果枝生长点以控制晚蕾。

第十三章　黄淮海平原大豆、油菜、芝麻的生产和栽培技术

第一节　大豆的生产与栽培技术

一、大豆的生产发展概况

黄淮海平原大豆播种面积约3,200万亩，1983年大豆总产25.2亿公斤，为全国大豆产量的25.8%，是我国大豆第二主产区。但单产低而不稳，如：1983年，大豆平均单产79公斤，低于全国平均单产；1952～1983年，三十年平均递增率为1.8%，年平均增长1.1公斤，大豆生产增长率低于小麦。

本区大豆低产的主要原因是旱涝灾害频繁。据统计，旱涝灾年占三分之二，旱年多于涝年，成灾面积大。如1984年，本区旱灾成灾面积达3,942万亩，为全国旱灾成灾面积37.5%；水灾成灾面积达3,520万亩，为全国水灾成灾面积43.5%。而且旱涝灾害主要集中在大豆生育期。大豆低产的原因还有：播种迟，习惯6月中、下旬播种；豆苗稀稠不匀；管理粗放，从板茬播种到收获，一般只松土灭茬1～2次；特别是横贯黄淮平原，主要分布于豫、皖、苏等省的砂姜黑土，是本区大豆主要种植土壤，其大豆播种面积约2,000万亩，土体为棱柱结构，保水、保肥能力弱，不仅氮、磷、有机质缺乏，还缺硼，缺乏面积约82%，锌含量也不高。虫害严重，如豆天蛾、食心虫、蟋蟀等明显降低大豆产量与商品性状。旱涝逆境，土壤瘠薄，管理粗放等综合原因，也是限制本区大豆单产低而不稳的重要因素。

然而，发展大豆生产的有利因素也不少。如地势低平，海拔100米左右，主要为河、湖淤积的石灰性土壤；小麦成熟至播种，间隔100至130天，适值大豆生长的高温多雨的夏季，大于或等于10°C的积温计2,500至3,200°C，降雨量430至700毫米，与东北、长江沿岸大豆产区相差不大；地下水贮量丰富，埋深浅约1～3米；有悠久的大豆种植历史，是世界上最早有文字记载大豆的地区。本区大豆面积大而集中，离港口近，交通方便，只要扬长避短，科学地栽培管理，本区发展成为我国又一重要大豆商品基地是可行的。

二、大豆的营养生理及施肥规律

大豆和其他豆科作物一样，根部长着根瘤，其中的根瘤菌可利用大豆光合产物作为能源，摄取空气中的游离氮，合成氨化物。同时，根系吸收土壤、肥料中的氮和其他营养元素，参与植株的形态建成或一定的生理功能。因此，了解大豆的营养代谢特点等，不仅具有重要理论价值，而且为指导施肥、提高产量提供了科学依据。

1.氮肥的吸收及施氮规律

豆株对不同氮源氮素的吸收，随生育进程有较大变化。结瘤大豆（R_{j1}）品系各处理豆株的氮素：分枝期以前，主要来自土壤氮（N_S），其次为肥料氮（N_F），空气氮（N_G）很少；分枝期以后，N_G比例逐渐增加，N_S和N_F比例逐渐下降；鼓粒期以后的顺序为$N_G>N_S>N_F$。不结瘤大豆（R_{j1}）品系各处理豆株的氮素，分枝期以前，主要来自N_S，其次为N_F；分枝期以后，N_F比例随施氮量的多少略有增减，直到成熟的顺序仍是$N_S>N_F$。由此可见，在大豆生育的前中期，N_S和N_F具有重要意义，其中N_S尤为重要。在大豆生育的中后期，可给态的N_S和N_F消耗殆尽，R_{j1}品系各处理豆株均出现缺氮症状，R_j1品系各处理豆株吸氮量的增加几乎全来自N_G。

表13-1 不同施肥水平及比例对大豆产量的影响

氮磷用量＼大豆产量	生物产量		籽实产量	
	克／株	%	克／株	%
N_0P_0	8.86±0.98	100	3.00±0.20	100
N_0P_2	12.95±1.30	146.2**	3.95±0.48	131.7**
N_0P_3	15.55±0.75	175.5**	4.09±0.20	136.3**
N_2P_4	15.82±1.38	178.6**	5.59±0.90	186.3**
$^{15}N_3P_6$	17.05±1.43	192.4**	5.86±1.50	195.3**
N_3P_9	19.77±1.72	223.1**	6.27±1.27	209.0**
N_4P_{12}	9.95±0.41	112.3**	1.77±0.08	59.0**

注：**表示显著性达1%。

合理施用氮肥能显著提高大豆的产量水平。从表13-1中可看出：不同氮磷比例及用量与大豆产量直接相关：$N:P_2O_5$为1：2的N_2P_4及$^{15}N_3P_6$两个施肥水平的籽实产量分别比N_0P_0无肥对照增加86.3%和95.3%，比N_0P_2及N_0P_3两个单施磷肥处理增加0.0～63.6%；$N:P_2O_5$为1：3的N_3P_9及N_4P_{12}两个施肥水平的增产效果显著不同，其中N_3P_9处理增产最显著，是N_0P_0对照籽实产量的2.1倍，比N_0P_3单施磷肥处理多增产72.7%，而N_4P_{12}处理$N:P_2O_5$仍为1：3，却对大豆生长有明显抑制，减产41.0%。试验证明：施肥不合理或施肥过量都会导致大豆减产，$N:P_2O_5$以1：2～1：3之比在

表13-2 有机无机肥料配合轮作施肥Rj1大豆产量的比较

前茬处理＼大豆产量＼豆作处理	$N_0P_0K_0$		$^{15}N_2P_4K_8/3$	
	克／株	%	克／株	%
对照	3.26±0.41	100	5.43±0.65	100
*D	4.89±0.39	150.0**	5.87±0.29	108.1**
D+^{15}NPK+P′	5.11±0.35	156.7**	6.63±0.59	122.1**
^{15}NPK+P′	4.89±0.81	150.0**	6.41±0.36	118.0**
^{15}NPK	4.78±0.45	146.6**	6.08±0.43	112.0**

注：*D是用^{15}N标记的有机肥

$N_2P_4 \sim N_3P_9$之间对夏大豆的增产效果显著。基点中间试验N：P_2O_5为1：2.5的N_3P_8（亩施3斤N、8斤P_2O_5）试验地块夏大豆达到了亩产215.7公斤的产量，比无肥对照增产37.4%。

从表13-2看出：不同前茬肥对后作大豆的增产效果都很明显，籽实增产46.6～56.7%，其中以有机无机肥料配合施用的$D+{}^{15}NPK+P'$处理增产值最高；在前茬肥的基础上豆作又施用等量化肥，各处理的增产效果明显提高，比无前茬肥处理的籽实增产8.1～22.1%，其中仍以$D+{}^{15}NPK+P'$处理的产量为最高。试验证明，大豆有喜用前茬肥的特点，特别是有机无机肥料配合作前茬肥施用的增产效果最显著。1985年基点示范试验，亩施腐熟有机肥1,000公斤、磷二铵10公斤（含N18%、$P_2O_5$46%），140亩夏大豆平均亩产达203.15公斤，为当地前三年平均亩产83.35公斤的2.4倍。

2.磷肥的吸收与施磷规律

大豆可利用土壤磷(P_S)和肥料磷（P_F）作磷源。不同磷源处理豆株的最高日均吸磷高峰期有明显差异，只以P_S为磷源的是分枝—开花阶段，以P_S+P_F为磷源的是开花—结荚阶段，亦是吸收P_F的高峰期；不同磷源处理豆株的最高日均吸磷量差异较大，只以P_S作磷源的1.25毫克P_2O_5/株/日比以P_S+P_F作磷源的1.95毫克P_2O_5/株/日降低56.0%，吸收P_F高峰期以后急剧下降直至出现回归值。日均吸磷高峰期越早、日均吸磷量越低、回归值越大的，供磷时间越短、缺磷程度越大。

表13-3　不同磷源处理豆株各生育期的累积吸磷量

处　理	磷　源	各生育期的累积吸收P_2O_5量（毫克／株）				
		分枝期	开花期	结荚期	鼓粒期	成熟期
(1)N_0 P_0	P_S	11.9	36.9	53.3	63.2	72.4
(2)N_1 P_2	$P_S \cdot P_F$	13.3	43.1	82.1	102.4	109.7
(2)－(1)	P_F	1.4	6.2	28.8	39.2	37.3

从表13-3看出：不同磷源处理豆株各生育期的累积吸磷量差异显著，只以P_S为磷源的都明显低于以P_S+P_F为磷源的，表明增施磷肥的作用极为明显；大豆对磷素的吸收过程与氮有些不同，主要表现在各个生育时期的磷素积累都有不同程度的增长，尤其在鼓粒期后磷素吸收仍有增加。分枝—结荚为吸磷高峰期，磷素积累不断增长，表明大豆吸磷时间早、需磷时期长。

表13-4　施用磷肥对结瘤豆株固氮量的影响

处　理	分枝期		开花期		结荚期		鼓粒期		成熟期	
	mg／株	占N_{T_1}%	mg/株	占N_{T_2}%	mg/株	占N_{T_3}%	mg/株	占N_{T_4}%	mg/株	占N_{T_5}%
N_0　P_0	—	—	57.6	48.8	148.0	66.8	259.1	80.1	245.9	79.1
N_0　P_2	14.8	31.1	86.7	64.3	224.5	80.6	358.0	88.5	319.7	82.7
${}^{15}N_1$　P_2	15.5	25.3	23.8	20.5	119.8	47.2	247.3	55.1	277.8	66.9
${}^{15}N_2$　P_2	—	—	—	—	30.1	12.5	231.7	50.5	291.7	66.9

增施磷肥有利于结瘤固氮，以磷增氮效果显著。从表13-4可看出，基施磷肥能促进豆株提早固氮。对$N_0P_0P_{j1}$（不施氮磷肥的结瘤豆株处理）尚不能测出固氮量，但$N_0P_2R_{j1}$（不施氮肥只施磷肥的结瘤豆株处理）的固氮量已占当时总氮量的31.1%，在整个生育过程中，$N_0P_2R_{j1}$处理比$N_0P_0R_{j1}$对照多固氮293.1毫克／株。

表13-5　不同前茬肥处理Rj1豆株磷素营养来源的比较

豆作处理	$^{15}N_2P_4K_8/_3$											
磷素来源	土壤P_2O_5 (P_S)		残肥P_2O_5 (ΔP_F) 有机P_2O_5 ($\Delta P_F'''$)		残肥P_2O_5 (ΔP_F) 化肥P_2O_5 ($\Delta P_F''$)		残肥P_2O_5 (ΔP_F) 矿粉P_2O_5 ($\Delta P_F'$)		施肥P_2O_5 (P_F)		总P_2O_5 (P_T)	
前茬处理	mg/株	%	mg/株	%	mg/株	%	mg/株	%	mg/株	%	mg/株	%
CK	28.1	46.6	—	—	—	—	—	—	32.2	53.4	60.3	100
*D	25.5	26.1	37.5	38.3	—	—	—	—	34.8	35.6	97.8	162.2
D+^{15}NPK+P′	26.0	16.0	47.7	29.4	41.4	25.6	12.7	7.8	34.3	21.2	162.1	268.8
^{15}NPK+P′	26.3	23.0	—	—	41.4	36.2	12.7	11.1	34.0	29.7	114.4	189.7
^{15}NPK	26.9	26.5	—	—	41.4	40.7	—	—	33.4	32.8	101.7	168.7

不同前茬肥对后作大豆磷素来源也有影响。从表13-5中可看出，前茬增施富磷有机无机肥料处理豆株，除吸收Ps、P_F外，还可吸收$\Delta P_F'$、$\Delta P_F''$和$\Delta P_F'''$。如以前茬麦作施用D＋^{15}NPK＋P′、后作大豆再施$^{15}N_2P_4K8/3$处理为例，因前作施用了足量富磷有机无机肥料，促进了大豆的生长发育，增加了豆株对磷素营养的需要量，由于这种施肥反馈作用，从而促进大豆根系吸收磷素的能力增强，每株大豆除吸收了26.0毫克Ps、34.3毫克P_F外，还吸收了47.7毫克$\Delta P_F'''$、41.4毫克$\Delta P_F''$和12.7毫克$\Delta P_F'$，总吸磷量比无前茬肥处理增加1.7倍。

应用磷素差值法计算根圈有效磷存在量（以磷A值表示）的结果表明，不同前茬肥处理豆株根圈有效磷的存在量可有悬殊差异，前茬麦作D＋^{15}NPK＋P′与后作大豆$^{15}N_2P_4K8/3$施肥处理的磷A值可高达1,526.0毫克P_2O_5／株，除大豆自身生育吸收162.1毫克P_2O_5／株之外，尚可为土壤残留1,363.9毫克P_2O_5／株供后作利用，因此合理轮作大豆可肥田。

由于磷素不仅参与蛋白质的合成过程，而且还作为细胞核基本成分核蛋白的组成，所以在细胞代谢过程中，需要体内保持一个合适的氮磷比值。不同品系、不同器官的氮磷比值都有较大差异，氮磷比值在大豆一生中也有较大变化。结瘤（R_{j1}）品系体内氮磷比值一生中的变化呈倒“S”型，分枝期和鼓粒期比值较高。不结瘤（r_{j1}）品系与此略有差异，分枝期和成熟期比值较高。在一般情况下，结瘤品系高于不结瘤品系。氮磷比值的变化与大豆对氮、磷的吸收过程有关，结瘤品系对氮的吸收主要是在开花—鼓粒阶段，不结瘤品系主要是在出苗—开花阶段，而两个品系对磷的吸收过程基本相同，这是两个品系氮磷比值变化不同的重要原因。比较两个品系氮磷比值的变化还可看出，在成熟期结瘤品系均超过3.0，而不结瘤品系除施氮处理的根以外都低于这个数值。如果与不同处理的产量联系起来分析，可认为成熟期的氮磷比值4.0左右是较为适宜的。

3.钾肥的吸收及施钾规律

大豆吸钾与吸磷不同，经分析表明，大豆吸钾是前期大，后期小，即分枝期高，以后递减。需水和需磷量大，钾含量相应要求高。大豆各期吸钾量占全生育期需钾总量分别是：分枝期为21.3%；开花期20.8%；结荚期为19.9%；鼓粒期为19.1%；成熟期为18.5%。说明分枝期是大豆一生中吸钾旺盛时期。

此外，大豆对钾的固摄能力，与介质中钾浓度有一定联系，当介质中钾量低时，这种能力随大豆的衰老而下降。

试验表明：钾肥基施比其它时期使用效果要好，深施优于浅施，亩用K_2O2.5～5.0公斤为好。在田间植株缺钾状况下，亩用50公斤左右的0.5%硫酸钾溶液叶面喷施，不但节肥，效果也明显。在目前化学钾肥供不应求的情况下，因地制宜地利用国内钾肥资源是十分必要的。化学钾肥以硫酸钾为好，含钾量低的品种，以窑灰钾肥贮量大，经济。有条件的地方，就地使用很有希望。遍及全国各地农村的草木灰，含钾量虽低，但适当增加施用量，效果也很好。

钾是一种活泼的金属元素，在大豆体内呈离子态，它主要集中在大豆幼嫩器官，营养期主要分布于根和叶中，后期迅速从营养器官转移至生殖器官，说明钾在大豆生长发育过程中，是一重要参与者。钾在大豆体内有很强的累积作用，无论是枝、叶等营养器官，还是种子等生殖器官，含量高低直接受环境中钾量多少的影响。根据这种特性生产上应避免施钾量过高而增产效益不高，一般每亩施用K_2O2.5～5.0公斤合适。

大豆对钾的吸收，看来与蒸腾作用的关系不大，在大豆前期吸水量较少时，低钾介质中，钾常为大豆吸收呈痕迹水平，后期蒸腾量增大后，大豆吸钾量较前期相对减少，充分说明大豆吸收钾是受代谢控制的。大豆吸钾特点与田间钾肥基施的增产效益的结果是不谋而合的。

4.微量元素的作用

适宜浓度的微量元素拌种，均对大豆氮素的吸收、固定有一定的促进作用，其中以钼、钴的作用较理想，其余依次是硼、锌、铜、锰。但微量元素在不同的土壤条件下，其效果有所不同，如土壤pH为碱性，土壤中硼、锰、铜、锌的有效性一般被降低，补施相应的微量元素，对大豆的氮素含量增加也较大，偏碱性的冲积土，使用上述微量元素拌种，增氮明显。因此，在类似土壤条件的大豆产区，施用钼、钴、硼微量元素，提高大豆产量，增加大豆氮素含量，改善其品质是可能的。

一定浓度的微量元素拌种，大豆全株氮，尤其是种子中氮素增加明显，这是由于微量元素促进了大豆根系对硝态氮的吸收，提高了硝酸还原酶的活性及固氮酶活性的综合结果。在氮素还原和被固定的过程中，微量元素对固氮酶活性的提高，其作用似乎更大些，即微量元素不足时，固氮酶活性较硝酸还原酶活性的降幅更大。

总之，微量元素在大豆氮代谢中，作用各有侧重。有的是直接的，如钼是固氮酶、硝酸还原酶的组分，直接参与氮素的同化；铜是细胞色素氧化酶的辅基，参与呼吸过程中的电子传递作用，当介质含铜不足时，其活性极低。而有的微量元素的作用则是间接的，可能是促进了光合作用、降低呼吸强度，有利于光合产物的同化、积累，为根瘤菌固氮提供了丰富的能源，从而提高了根瘤菌的固氮效率。微量元素在大豆代谢中的开源节流作用，是大豆增产、增氮的前提。

三、夏大豆增产栽培技术

1.选用抗逆稳产品种，抢墒早播

大豆是敏感的短日照作物，要求较充分的光照。品种不同，则生育期长短不等，对日照时数要求不一样。如跃进五号，一生要求日照时数550～570小时。播期迟，则缩短大豆光合时间，每迟播一天，即减少6～7小时光照，不利于光合产物形成。播期试验表明：在5月28日至6月26日期间，大豆产量高低与播期的早迟呈正相关。如5月28日播种较6月4日播种增产24.5%，比6月26日播种增产56.6%，即每早播一天，平均约增产2%。以夏至前后播种(6月18日～6月26日)，产量最低。早播天数与产量回归方程：$y = 194.5 + 3.07x$（x区间为5月28日～6月26日），$r = 0.9152^{**}$。此外，早播对植株地上、地下部分，对荚、粒数增加均有良好作用。早播对大豆荚、粒数的影响大致相当。在5月28到6月11日播期范围内，每早播7天，荚数约增加17.8～23.9%，粒数增加16.8～33.2%。6月18日后播种，荚、粒数增减不明显。早播比迟播叶面积增加明显。如分枝期叶面积系数以5月28日播种最大，较6月4日播种高41.9%，6月4日比6月11日播种高60.5%，比6月26日播种大4.8倍，叶面积系数，每早播一天平均高约0.08。叶面积系数与产量的回归方程：$y = 180.64 + 44.92x$，$r = 0.8806^{*}$。

早播还促进大豆干物质的积累。在5月28日至6月26日的播期内，播种愈早，干重愈重。如分枝期，6月4日前播种的大豆全株干重比6月中、下旬播种平均高约2.9倍，花期结荚期分别高0.8、0.5倍。根系干重，根容积也随播期早迟呈有规律的相应增减（图13-1）。

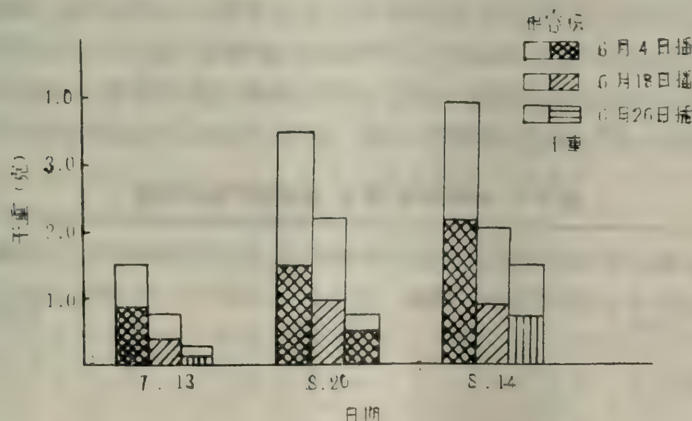


图13-1　不同播期容积及干重比较

由于5月下旬雨水较丰富，6月初抢墒早播，利于出苗。也可避开6月中、下旬大雨造成的烂种。综上所述，本区大豆最适播期为6月初，力争6月上旬播完。

早播需要选用抗旱、涝的稳产品种。据试验，当家大豆品种跃进5号较当地退化品种友谊二号、七月半等，有耐瘠、耐旱特点，增产明显。一般可增产70%左右。而且种子休眠期长，紫斑粒率低、种皮黄亮。该品种不足之处是冠、根比失调，在肥水条件较

好的情况下，尤其是风雨频繁的逆境下，易倒伏减产，较黄淮当家品种之一的徐豆二号生产潜力低。中油83-19籽粒中大，根系发达，耐渍、耐肥、抗倒伏，在黄淮海平原肥水条件高的地区有前途。鲁豆二号耐旱耐肥、抗倒伏，适于鲁西、皖北、豫东等大豆区种植。总之，各地应因地制宜地选用适合当地生态条件、抗逆稳产的配套品种，防止单一化。据品种特性，配合好的种植法，充分发挥良种增产潜力，保证大豆稳产高产。

2.因地制宜推广宽窄行种植，合理密植

密度与大豆产量构成因子关系密切。合理密植是充分利用自然条件，发挥现有生产条件潜力的一项措施。本区尚未普及粒选种子，播种种子破碎、霉粒常达20%。亩播量2.5～3.5公斤，在大豆播种少雨，板茬耧播条件下，常常闪种或播种深浅不一致。豆苗疏密不匀十分突出，有的稀至一平方米无一株，稠的多至一平方米124株。按7寸的等行种植，认为“一步三株豆，不算稀豆子”的苗数，习惯密度最低只0.8万株，最高不足1.5万株。如此密度在不施肥的瘠薄地区，大豆产量一般不会超过100公斤。大豆适宜的密度因品种特性不同而异。以跃进5号等大叶型品种为例，在小麦亩产200～250公斤的条件下，大豆亩播种量5～5.5公斤，每亩宜保苗2万株左右。小麦产量250公斤以上，则密度在1.2～1.8之间。密度与产量的回归方程：$y=67.17+65.8x$（x区间1～2万），$r=0.9752^{**}$。而耐密植的小叶型品种，如郑州长叶7号，在每苗2.5～3万株密度内，产量随密度的增加而增加。

改转宽窄行配置，可调整大豆的合理密度。本区传统的大豆种植是等行平播，行距0.7尺。目前正在推广的二、三、六、九行的宽窄行配置，即每二（三、六、九）窄行，一宽行的配置，窄行仍是0.7尺，宽行1.4尺，是根据不同肥力、品种等，通过调节宽行数量，建立合理群体密度，可充分发挥共生固氮体系优势，少施氮肥，减少地表蒸发、节水、省肥的增产技术之一。如耐密植长叶7号，在高密度3.5万株，氮、磷施用量相差不大的条件下，以三窄行一宽行（即3∶1；下同）配置为宜（表13-6），密度为3万株以6∶1配置为宜，2.5万时以9∶1配比为宜。宽窄行种植应将灭茬松土与培土相结合。松土时将宽行土培植于大豆根区，有利于旱灌、渍排、抗倒。在肥水条件好，品种高大繁

表13-6 行距配置、密度、施肥与产量的关系

亩密度 (万株)	窄宽行配比	氮磷施用量 (公斤,N+P_2O_5)	亩产 (公斤)	亩密度 (万株)	窄宽行配比	氮磷施用量 (公斤,N+P_2O_5)	亩产 (公斤)	亩密度 (万株)	窄宽行配比	氮磷施用量 (公斤,N+P_2O_5)	亩产 (公斤)
2.5	3∶1	2.3+2.6	90.0	3.0	3∶1	2.3+2.6	106.3	3.5	3∶1	2.3+2.6	123.8
2.5	6∶1	2.3+2.6	102.5	3.0	6∶1	2.3+2.6	122.5	3.5	6∶1	2.3+2.6	105.0
2.5	9∶1	2.3+2.6	122.5	3.0	9∶1	2.3+2.6	113.8	3.5	9∶1	2.3+2.6	103.8
2.5	3∶1	2.3+3.9	117.5	3.0	3∶1	2.3+3.9	112.8	3.5	3∶1	2.3+3.9	117.5
2.5	6∶1	2.3+3.9	100.0	3.0	6∶1	2.3+3.9	125.0	3.5	6∶1	2.3+3.9	106.3
2.5	9∶1	2.3+3.9	117.5	3.0	9∶1	2.3+3.9	107.5	3.5	9∶1	2.3+3.9	112.5
2.5	3∶1	2.3+5.2	107.5	3.0	3∶1	2.3+5.2	100.0	3.5	3∶1	2.3+5.2	126.3
2.5	6∶1	2.3+5.2	100.0	3.0	6∶1	2.3+5.2	130.0	3.5	6∶1	2.3+5.2	100.0
2.5	9∶1	2.3+5.2	117.5	3.0	9∶1	2.3+5.2	112.5	3.5	9∶1	2.3+5.2	111.3

茂的情况下，以3：1为宜，高产田块可采取2：1配比。一般肥水条件下，应广泛采用6：1或9：1配比。

为了获得大豆丰产，必须在合理密度下使个体分布均匀,防止因密疏不匀造成荫闭，根系发育弱，养分供应缺乏，导致叶、花、荚脱落。所以二片真叶期应间苗，一片复叶期定苗。

3.因土施肥，前促后稳

大豆是需肥量大的作物之一。每生产50公斤大豆需氮1.55～3.65公斤，五氧化二磷0.51～0.915公斤。氧化钾0.9～1.69公斤。品种不同需肥量一般不相同。大豆丰产田全氮含量应高于1.0%，速效磷高于10ppm，速效钾高于100ppm，水溶性硼大于0.5ppm。本区土壤氮、磷、硼缺乏面积大，砂姜土壤速效锌含量一般为边缘值。缺锌田块也有发现。在不施肥情况下，大豆长势差，生长滞缓、个体不壮。因此，本区应提倡重施磷肥、配合使用氮肥、硼肥，施肥量以种肥、花肥多于荚肥、鼓粒肥的前促后稳的因土施肥原则。种肥以缓效肥配合无机肥，一般应亩施饼肥5～10公斤，加尿素2.5～4公斤，或磷酸二铵2.5～4公斤。气温高、干旱，化肥应酌减。用本地产碳铵加过磷酸钙（含N 0.975公斤，$P_2O_5$0.975公斤），用10倍的农家肥拌匀做种肥，增产达24%，其大豆株高、节数、根长、根数、根颈粗均比不施肥有所改善，对大豆复叶数，叶面积的增加有显著作用。分别比对照增加12.2%、46.3%。根瘤也比对照多28.2%。表明碳铵过磷酸钙配比适当做种肥，并无副作用。

花前2～10天，每亩条施磷酸二铵5～7.5公斤，或复合肥10公斤左右，增效可达10%以上。

结荚、鼓粒期，随着种子逐渐增大，碳水化合物、含氮物质、矿质等部分从茎叶转运至种子中，转化成蛋白质、脂肪等。前者比玉米高三倍，比小麦高二倍。而后期根、叶同化吸收能力降低，必须补施营养。如结荚期亩施2.25公斤N加0.265公斤P_2O_5，大豆、子实增产22.2%。氮磷施用比例应根据土壤氮、磷含量而定。在氮丰富、磷不足的地方，以重施磷肥为主，辅之以施氮肥。反之，则重施氮肥，辅以磷肥。在氮磷养分较高的地方，氮:磷一般为1：2～1.2。在大豆高产栽培的情况下，每亩应加施K_2O2.5～3公斤，硫酸锌1公斤。喷施0.1%钼酸铵＋硼砂。

大豆叶面施硼是一项经济有效措施。如花前、花期、结荚期计三次，分别喷洒0.1%硼砂，在本区大片缺硼条件下，增产14%左右。硼砂叶面喷洒与基施氮磷复合肥1.5公斤相结合，增产可达37%左右。施硼主要促进了大豆营养器官的生长，如分枝期株高比对照株高16.1%，节数、复叶、根茎粗均增加10%左右，对叶面积、大根瘤效果显著，分别增加42.9%，24.6%。对大豆荚、粒数、百粒重均有积极作用。

硼砂还可与农药混合喷洒，效果比基施、拌种好，在药械有限的地方，亩用0.25公斤硼砂掺合一定有机肥作种肥可省工，效果也较明显，平均增产10%以上。

4.防治病虫害

本区是虫害严重地区之一。1983年仅安徽阜阳地区，豆天蛾发生面积为466.3万亩，占该地区大豆播面的97%。严重田块每亩老熟幼虫达30公斤以上，被害植株仅残存茎、叶柄和3～5个小荚，减产60%以上，对策是捉（成虫）、摘（卵块）和农药防治相结合。对三龄前幼虫亩用1.5公斤甲敌粉喷治，三龄以后用2万倍敌杀死防治，可起到早期兼治

蚜虫、造桥虫、豆杆蛇潜蝇，后期兼治食心虫等作用。蟋蟀是本区蛀食豆粒的害虫之一，不可轻视，可用敌百虫拌炒熟芝麻（豆）饼做毒饵防治。

5.调整夏作物种植结构，合理轮作

麦一豆（红芋）耕作制，是本区至今沿用的传统耕作制。基本上长期连作或迎茬，比较典型的连作达20年之久。长期连作迎茬使本区病虫害严重，大豆早衰非常普遍，其面积占本区大豆播面约二分之一。主要分布于南部黄淮平原产区，其中砂姜黑土大豆产区最普遍、严重。品种对早衰抗性不一致，以跃进5号感病重。本区播种芝麻、花生、果、蔬等经济作物，是改变种植结构单一，提高大豆单产的重要环节。每三年轮种一次大豆，长势旺产量高，在大豆比重过大的产区，应适当缩小播种面积，主攻单产增加总产。

第二节　冬油菜生产与栽培技术

一、冬油菜生产发展概括

黄淮海平原是我国白菜型油菜的原产地，油菜在这一地区种植有悠久历史，但长期以来没有引起人们的足够重视。大都是和糜子、黍子、稷、荞麦等作物混播，作为“捎带庄稼”对待的。70年代以后开始从长江流域引种甘兰型油菜品种，但因管理粗放，加上低温、冻害、干旱、风沙、盐碱等因素影响，产量低而不稳，油菜保收率低，一般收获面积只占播种面积的40～50%。该地区油菜生产有同小麦一样的自然气候优势和高产潜力。

二、发展冬油菜生产的潜力

1.充分利用自然气候资源开发利用冬闲地

黄淮海地区的气候特点表明，冬播作物很少遭受自然灾害，因此，油菜生产同小麦一样稳产。该地区年降水量500毫米以上，其中50%以上集中在7、8、9月。油菜播种、育苗底墒足，越冬前的气温能满足油菜对热量的要求。春季光照充足，有利于光合作用和养分积累。如阜阳地区2～5月份太阳辐射总量比长江中游的汉口多5.5千卡／厘米^{2}左右。因此，油菜单株角果数、每角粒数、千粒重均高，单产潜力大。

据八省冬油菜生产考察资料表明，该地区约有冬闲地1.5～2亿亩，其中适宜种冬油菜的约有9000多万亩。还有经过改造的部分中、轻度盐碱地。因此，因地制宜地发展冬油菜生产，对于开发利用冬闲地、促进耕作改制、进行农业内部结构合理的调整十分有利。

2.发展油菜生产，促进粮棉增产

油菜是用地养地、轮作倒茬比较理想的作物。利用冬闲地播种一季冬油菜，改春棉（或春玉米、春甘薯）为夏棉（或夏玉米、夏甘薯），变一年一熟为两熟或两年三熟为一年两熟，既能用地养地促进耕作改制，又能提高粮棉产量，增加经济收入。河南延津小店乡试验，油菜茬种夏玉米亩产242.65公斤，比春玉米少收9公斤，但下茬小麦平均亩产292.5公斤，比春玉米茬小麦每亩增加134.9公斤，两季合计增产30.8%，还多收一季油菜（亩产107.65公斤）。若改一年一熟棉花为油棉两熟，亩产油菜籽113.2公斤，油菜收后直播早熟棉，产量和春棉相同，纯收入比一年一熟每亩增加产值86.2元，而多得菜籽饼

62.25公斤。目前该乡1.52万亩棉花，夏播棉占90%以上，平均亩产75公斤左右，其中油菜茬夏播棉占23%。据1983年11月份调查9个农户，共种油棉两熟面积13.5亩，平均亩产油菜籽140～150公斤，皮棉75～85公斤，油菜茬棉比麦茬棉亩增皮棉多15～20公斤，增加25～33%。又据兰考县农科所1982年油茬、麦茬棉花及麦茬玉米经济效益比较试验，油菜茬棉花经济效益显著高于麦茬棉花及麦茬玉米。

油菜一棉花茬每亩全年总产值比小麦一棉花茬纯增加135.51元、增加34.96%，比小麦一玉米茬增加295.41元，增加129.74%。

安徽省阜南县(淮北)1980年种13.2万亩油菜，单产65.5公斤，提供饼肥525万公斤，提供资金780多万元；1982年种油菜27.8万亩，单产170公斤，总产达4173.6万公斤，油菜籽产值占农业总产值的19.46%。据该县统计，1978～1982年油菜总产增加38倍，小麦总产增加1.2倍，小麦面积增加7万亩，单产提高1.08倍。据了解，油菜茬的后作产量一般比较高，油菜茬同夏玉米连作，产量超过春玉米，因为夏玉米避开了春玉米抽雄吐穗时的卡脖旱和玉米螟的为害；油菜茬后作红薯产量与春红薯差不多。特别是正当夏作物收获，管理资金短缺时，出售油菜又能提供大量的资金，从而促进了粮棉生产。

3.盐碱地种油菜，用地养地

(1)油菜的耐盐碱性　我国黄淮海地区大约有盐碱地5000万亩，如果首先用初步改造的中轻度盐碱地发展油菜生产，对于增加菜籽产量、培肥地力具有十分重要的意义。

油菜是比较耐盐碱的作物。据豫东北盐渍性作物品种的调查研究介绍，油菜的耐盐性比小麦、高粱、大麦等作物强，因此，许多地方采用不适于种植小麦、大麦等作物的盐碱地来种油菜取得了较好的结果。如江苏省东台县灭螺新村从1973年以来，在千亩盐碱地上实行油菜绿肥间作，获得菜籽亩产100公斤的好收成。1976年江苏睢宁县王营乡农科队在一块含全盐0.15%、pH值8.5的碱地上种油菜，单产达到123.4公斤。中国农业科学院油料作物研究所1983～1984年在河南省延津县小店乡，对不同类型油菜品种进行了抗盐碱性鉴定，从山西、陕西、山东、河南、河北、湖北、云南等省征集了油菜主要推广品种52个，在土壤pH值9.8，含全盐量0.290%的土壤上试验，收获甘兰型油菜品

表13-7　盐碱地中油菜不同品种经济性状比较

(中国农科院油料作物研究所　1984年)

品　种	产地	土壤含全盐（%）	单株角果数	单株产量（克）	千粒重（克）	每角粒数	亩产（公斤）	保苗率（%）	备注
开封矮选	开封	0.13	160.8	9.68	2.46	24.50	145.20	100	甘兰型
		0.20	88.6	4.10	2.84	16.30	32.09	52.17	
甘油五号	武昌	0.13	77.0	2.98	2.74	13.84	31.74	72.47	甘兰型
		0.20	100.0	3.80	2.41	15.71	8.26	14.49	
上党油菜	邢台	0.13	255.3	5.85	1.36	16.87	96.70	100	白菜型
		0.20	157.6	4.10	1.93	13.48	33.87	55.07	
浠水白	武昌	0.13	22.0	4.00	1.40	13.10	5.22	8.69	白菜型
		0.20	0	0	0	0	0	0	

种19个，平均亩产30.23公斤，收获白菜型油菜品种12个，平均亩产35.6公斤；同时在土壤pH值9.6，含全盐0.13%的试验地上，收获甘兰型油菜品种24个，平均亩产98.45公斤，收获白菜型品种13种，平均亩产58.5公斤（见表13-7）。

（2）油菜茬的土壤培肥　油菜是用地养地、轮作倒茬比较理想的作物。油菜的落花、落叶和茎杆还田，可以恢复地力、改良土壤，油菜吸收的营养元素除形成脂肪以外，大部分可以作肥料还田。据分析，菜籽饼含氮4.6%，油菜杆含氮0.56%，角果壳含氮0.66%。如果一块亩产100公斤油菜籽的田，将所产的菜籽、茎杆、角果壳全部还田，加上残枝落叶、落花，每亩可增加氮素7.5～10公斤，相当于化肥硫酸铵37.5～50公斤的肥效。另外还可增加磷、钾。

据苏联A.A沙震夫报导，盐渍化土壤的植物，磷的进入和吸收量都减少，而油菜根系分泌的柠檬酸等有机酸多，转化土壤中难溶性磷的能力强；油菜根系阳离子代换量大，可从难溶性磷酸盐中获取钙，从而能提高土壤中磷素的有效性；油菜在生长发育过程中，根系排出的磷酸相当于吸收量的13～34%；油菜因其根系分泌物对土壤中自生固氮菌的刺激作用，有促进土壤中氮素增加与活化的作用。

据无氮培养试验，在油菜开花期挖取油菜根系，用浸泡法提取根泌物，将其稀释为1：3、1：4、1：5（植株重：水重）提取液，在无氮培养基中各加入二毫升。对照加无菌水，接种后用平板法培养。从培养结果看出，三种处理的菌数分别比对照增加86%、80%和72%，表明油菜根分泌物对自生固氮菌有刺激作用，能促进其发育。油菜收获后又测定油菜根菌土中自生固氮菌、氨化细菌和亚硝酸细菌的数量，分别比休闲地高3.7倍，24.9倍和2.8倍。氨化细菌含量最为明显。

上述情况说明：①自生固氮菌数量的增多，可固定空气中更多的氮素，利于土壤中氮素的增加；②由于氨化细菌、亚硝酸细菌数量的增多，有利于土壤中有机氮转化为氨和将氨氧化为硝态氮，从而促进土壤中速效氮数量的增加。因此，发展油菜生产对改良土壤、培肥地力具有十分重要的意义。

三、冬油菜产量结构与生育特点

1.高产油菜的产量结构

据研究结果表明，油菜产量水平差异主要表现在每亩总角果数的多少，以及形成1公斤种子所需角果数。一般每0.5公斤种子所需角果数是8,113～9,881个，而亩产100多公斤的田块就需要约162～198万个。另一方面，群体角果数是随着单株角果数及每亩株数变化而变化的。甘兰型中早熟品种，如开封矮选亩产183.7公斤左右的产量结构是：每亩密度12321株，一次分枝为8.2个，单株角果数为281.9个，单株产量15.86克，千粒重2.92克，每亩总角果数为332万个左右（见表13-8）。

为了进一步探讨高产油菜产量结构之间的关系，对高产油菜产量构成性状之间进行了相关分析。其结果表明：油菜单株产量同单株角果数的相关系数为0.972，一次分枝角果数与全株角果的相关系数为0.908，均达到显著标准。从角果分布情况来看，一次分枝角果数占总角果数的76.67%，二次分枝角果数占21.96%，主花系角果数占总角果数的5.37%，可见高产油菜应该主攻单株角果数，特别是一次分枝角果数，然后争取二次分枝角果数、角粒数、千粒重及主花系角果数。

表13-8 油菜不同产量水平经济性状比较

（中国农科院油料作物研究所 1985年）

试验点	面积（亩）	田块（编号）	株高（cm）	一次分枝数（个）	单株角数（个）	单株产量（克）	千粒重（克）	每角粒数	每亩株数	每亩总角数（万）	实际亩产（公斤）
新郑前吕农科站	2.78	1	165.96	8.3	350.5	18.51	2.78	19.0	13 300	466.0	235.7
中牟县仓寨农科站	1.85	2	143.58	8.5	262.2	18.30	3.20	21.9	13 500	353.9	218.1
兰考县农科所	2.08	3	147.40	8.6	350.4	18.20	3.36	21.6	11 123	339.7	202.9
中牟县农科所	2.50	4	146.00	8.5	234.6	15.53	3.10	22.3	13 000	304.9	174.6
油料所小店基点	2.00	5	147.10	7.0	186.9	11.61	2.98	20.8	15 000	283.5	168.4
新郑县农科所	2.04	6	161.35	8.4	307.0	13.00	2.10	20.9	8 000	245.6	102.5
平均	2.20		151.90	8.2	281.9	15.86	2.92	21.1	12 321	332.3	183.7

2.高产油菜的生育特点

(1)油菜物候期及生长发育特点　在研究高产油菜生长发育特点时，将开封矮选品种播种在不同地理纬度上，采取相同的栽培技术措施，其试验结果表明：该品种在黄淮地区从播种到成熟一般需要250天左右，全生育期要比长江流域长20多天。由南往北随着纬度的增高，生育期有逐渐延长的趋势，其中营养生长期延长，生殖生长期缩短，而营养生长期延长主要表现在越冬期加长，并出现明显的枯叶期。

不同纬度，油菜生育期的差异是明显的。如从出苗—越冬，越冬—返青，返青—初花，初花—终花，终花—成熟所需的天数，在武昌分别是125，20，26，27，32天，在新郑分别是105，42，42，24,24天，在新乡延津分别是88，72，47，14，20天。充分说明黄淮地区油菜生长发育特点是：越冬前苗期有效生长期短，越冬期长，春发慢，花期短，成熟快。针对这一生育特点，在栽培上要注意抓适时早播，防冻保苗，狠促春发等措施。

(2)叶片消长与叶面积系数的动态变化　几年来，在延津小店基点对中早熟甘兰型开封矮选叶片生长动态进行了定株观察，其结果表明：亩产175～200公斤的油菜，单株总叶数为35～40片，其中越冬前可长出14～16片叶（落黄3～4片），越冬期由于受到长达70天左右的低温影响，一般要冻死5～7片，到返青前只能保留4～5片心叶。返青后由于温度逐渐回升，油菜开始恢复生机，陆续长出12～14片短柄叶，8～10片无柄叶。

根据不同生育期取样测定分析，南北方不同地理位置油菜叶面积系数的动态变化有不同差异。

油菜不同生育时期叶面积系数动态变化为，北方油菜一般成为“M”型，即出现两个高峰期。第一个高峰期出现在越冬前（12月中下旬），第二个高峰期出现在盛花期。元月上中旬，由于低温冻害出现枯叶期，叶面积系数急剧下降，成为明显的低谷。而南方油菜叶面积系数第一个高峰期出现在越冬前（元月上中旬），比北方冬油菜晚20天，越冬期叶面积系数下降，低谷不明显。试验结果表明，高产油菜叶面积系数第一个高峰期叶面积系数为2.5～3，第二高峰期在5左右。

(3)不同生育时期干物质积累量与植株体内氮、磷、钾养分吸收量的变化　随着生

育阶段的进程，油菜植株体内干物质积累量与氮、磷、钾营养吸收量发生了一系列的变化，从延津小店乡亩施纯氮22.5公斤，磷素7.15公斤，油菜亩产189.5公斤的试验结果分析，油菜植株体内干物质积累量与氮、磷、钾的吸收量有十分密切的关系（见表13-9）。

表13-9　油菜干物质积累与氮、磷、钾吸收量的关系

（中国农科院油料作物研究所　1 85年）

生育期	生育日数	干物质积累量		氮（N）		磷（P_2O_5）		钾（K_2O）	
		克／株	%	毫克／株	%	毫克／株	%	毫克／株	%
播种—五叶期	30	0.51	0.27	28.4	0.57	32.6	3.83	13.3	0.28
五叶—越冬	53	31.45	16.66	859.8	17.30	102.3	12.02	539.4	11.29
越冬—枯叶	35	39.77	21.08	1 083.8	21.80	160.4	18.84	878.8	18.42
枯叶—返青	48	24.30	12.88	867.2	17.45	117.0	13.74	501.9	10.50
返青—开花	46	42.17	22.35	1 202.3	24.20	107.4	12.61	1 776.6	37.18
开花—成熟	40	50.50	26.76	928.9	18.68	331.8	38.96	1 067.0	22.33
合　计	252	188.70	100	4 970.71	100	851.54	100	4 778.01	100

注：分析方法，氮为凯氏法，全磷为钒钼黄比色法，钾为火焰光度法

从表13-9看出：①油菜营养生长阶段即五叶—返青期干物质积累量为50.89％，吸收氮、磷、钾营养量分别为57.12％，48.44％，40.49％，氮磷吸收量较高；开花期生殖生长旺盛，干物质积累量显著增加，氮钾吸收量较高；成熟期干物质积累量达到最高，磷、钾吸收量较高。②按油菜成熟期对氮、磷、钾的吸收量，就可折算出北方冬油菜每生产100公斤菜籽植株体内吸收氮素是14.7公斤，磷素5.26公斤，钾素16.9公斤（均不包括落花落叶），其比例为1.4：0.5：1.6。

不同生育期体内油菜氮、磷、钾素的含量，苗期氮、磷含量最高，花期氮、钾含量高，磷素含量在返青时均高，为生产提供了科学施肥的理论依据。

（4）根系生长发育进程与生态特点　北方冬油菜根系发育状况与安全越冬和产量的关系十分密切。在生产上往往用油菜越冬期间的根颈粗来作为油菜安全越冬的重要指标。

甘兰型油菜品种由南往北引进，油菜不同生育时期根系生长发育进程均属于递增趋势，但根系干重（克／株）占总干重（％）均比南方高，就是越冬期间地上部由于遭受冻害受到损伤的情况下，根系干重仍继续增加。

我国北方白菜型油菜品种，具有强壮、发达的根系，特别是严寒到来之前根系膨大成萝卜状，生长点自动向泥土下扎，抗寒耐旱能力极强，目前仍在我国高寒旱塬地区大面积栽培种植。据河南延津地方白菜型品种进行不同播期试验表明，在越冬前后取样调查，根系生长发育状况发生了显著的变化。越冬期间根干重（％）显著高于苗期，地上部虽然受冻枯死，但根部膨大，扩展深扎都十分明显，这也是北方冬油菜特定的生态适宜特点。

四、油菜增产的关键技术

油菜越冬死苗是该地区油菜生产中的一个突出问题。如山东省1975～1980年，油菜保收面积只占播种面积的24%；淮北地区1975年保收面积只有4.1%。1980年以来，在调查总结油菜防冻保苗经验的基础上，大面积推广了培育壮苗、浇好越冬水、培土、盖土、沟播、沟栽等综合措施，并在此基础上加强管理，合理密植，增施磷肥，防治病虫害等，在大面积油菜生产上取得了较好的效果。

几年来，许多科学研究单位对油菜受冻死苗的原因及防冻保苗关键技术进行了大量的调查研究。现将主要结果总结分析如下：

1.油菜受冻死苗的原因

(1)低温、干旱是影响油菜安全越冬的外因：①低温来得早，持续时间长。北方油菜区随着纬度的提高，月平均气温逐渐下降。如安阳11月11日出现≤0°C的温度，11月下旬平均气温为3.7°C，油菜处于生长缓慢阶段。12月上旬平均气温为2°C，油菜地上部基本停止生长。进入越冬期，低于0°C的温度长达71天，而信阳在11月19日才出现≤0°C温度，12月中旬的平均气温才降为3.9°C，低于0°C的温度只有33天。据1980年在延津小店基点田间观察，12月上旬平均气温为4°C以下，油菜叶片不再增加。从12月12日起就一直出现低于0°C的温度，12月19日即见油菜叶片受冻，12月23日油菜行间最低温度达到-11.4°C，12月28日极端最低温度达-16°C，大面积油菜冻害加剧，大部受冻叶片萎蔫，最后发白干枯。

②降雨量少、蒸发量大。“冬水是油菜的命”。水分条件是决定油菜能否安全越冬的关键，油菜在越冬前一越冬期的降雨量有随着纬度的提高而明显减少的趋势。如12月、1月两个月的降雨量，安阳只为信阳的9.37%。据新乡1960～1978年的气象资料统计，12月1月、2月三个月的总降雨量为17.9毫米，蒸发量为218.4毫米，蒸发量为降雨量的12.2倍。又据1980年12月～1980年1月调查，油菜冻害与土壤含水量（0～10厘米）关系极大，土壤含水量与冻害指数呈高度负相关，其相关系数$r=-0.83$，回归测定是$y=98.26-4.05x$，即当土壤0～10厘米含水量在4.4～20.5%的范围内，含水量每增加1%，冻害数减轻4%。据在延津县小店基点田间试验，浇越冬水的，0～10厘米土壤含水量18.3%，昼夜温差14.7°C，冻害指数11%；未浇越冬水的0～10厘米土壤含水量只有10%，温差21.1°C，冻害指数58.3%，灌越冬水的温差变幅范围小，可缓和地表骤高骤低温度的变化，对防止根茎复冻有一定的作用；同时，补充了叶片蒸腾的水分，试验结果灌越冬水不仅保苗效果好，而且增产显著。

试验结果表明，灌越冬水一般增产30.65～74.14%，平均增产49.05%。1983年在安阳的试验结果，进一步明确了浇越冬水与不浇越冬水死苗率分别为30%和70.3%，浇越冬水的产量比未浇的增产141.46%。

(2)油菜苗势是影响安全越冬的内因　不同苗势，其抗寒性有明显差异。据研究调查，凡是进入越冬期的弱小苗、嫩旺苗、高脚苗都是很难安全越冬的。

但在北方油菜生产中，值得注意的是根部，特别是根颈粗仍是安全越冬获得高产的一个重要形态指标。从小店乡中等肥力油菜田中定点300株的观察情况来看，越冬遇低温冻死105株，占总株数的35%，可是到返青期以后调查，其中根颈粗在0.6厘米以上有

79.1%又恢复生长，发出新枝，只有20.9%的植株枯死。而根颈粗在0.6厘米以下的有83.3%植株冻死。以300个单株进行回归和相关分析，见表13-10。

表13-10 油菜主要形态的相关与回归

（中国农业科学院油料作物研究所，1980年）

相关项目	自由度(n)	相关系数(r)	F 0.05	F 0.01	相关程度	回归方程式
根茎粗与角果数	256	0.685	0.138	0.181	极显著	y=-58.293+173.4x
绿叶数与角果数	256	0.670	0.138	0.181	〃	y=168.85+4.04x
绿叶数与根颈粗	300	0.750	0.113	0.148	〃	y=0.5+0.09x

从表13-10可看出油菜在越冬期间，根颈粗、绿叶数与单株角果数均为高度正相关，根颈粗与角果数的相关系数稍高于绿叶数与角果数的相关系数。从回归方程式中明显看出当根颈粗在0.4～2.5厘米范围内，每增加0.1厘米可增加单株角果数17.34个。当越冬期间绿叶数在4～14片叶范围内，绿叶数每增一片，单株角果数只增加4.04个，当根颈粗在0.4～2.5厘米范围内，每增加一片绿叶根颈增加0.09厘米。因此，越冬期需要发达的根系，使根颈粗壮，就应该争取较多的主茎叶片数。故越冬前的苗期管理中心应该是壮根增叶。

(3)含糖量与抗寒性的关系。①油菜生长过程中的糖分，因植株生育状况和温度而变化。子叶期含糖量为7～8%，三叶期以后下降到2～3%，6～7叶逐渐增加到10%左右，越冬期含糖量最高，根部25%，返青以后逐渐下降，开花期一般为8～10%。北方冬季气温下降快，昼夜温差大，有利糖分积累，对增强油菜抗寒力有好处。

②油菜越冬期糖分含量增多，并向根部转移积累，有利增强抗寒性。据分析结果，油菜含糖百分率在不同生育时期，南北不同地区表现不一样。如在河南延津小店的“合油2号”，10月下旬糖分有明显的增长，至越冬期达到高峰。糖分积累开始时间早，积累速度快，含量高，这与生态环境有密切关系，对防御冬季低温有重要作用。

据测定，不同器官含糖量，北方冬油菜地下部＞地上部，南方是地上部＞地下部。糖在不同器官的分布，则是根的含糖量＞叶柄＞根颈＞叶。

油菜植株体内可溶性糖的积累分布规律，为油菜在越冬前以增叶壮根为中心的壮苗技术提供了理论依据。

2.冬油菜保苗高产栽培技术要点

几年来，黄淮海地区应用防冻保苗综合农业措施，油菜保苗效果十分显著。1980～1982年，在河南、苏北、皖北地区推广应用，油菜保收率由28.8%，提高到90.7%。

根据试验研究结果及各地经验综合分析，黄淮海地区冬油菜防冻保苗高产栽培技术要点是：

(1)适时早播，培育壮苗　从研究结果看，适时早播比对照增产27～123%，经变量分析差异显著，其相关系数r=0.997，播种期与产量的回归方程y=7.51x-1,590.56。按此方程估计，在9月10日(生育期256天)至10月4日（生育期232天）范围内，每延迟8天播种，每亩减产30公斤。

根据北方冬季气候特点，甘兰型油菜育苗移栽期是在日平均气温五天内稳定在21～22°C时进行，直播油菜应在日平均气温18～20°C，油菜越冬前有效积温为1,300°C比较适宜。油菜叶面积系数一般在1.5～2。

(2)浇好越冬水，壅根盖土　北方冬油菜越冬期易遭受低温、干旱的影响，灌好越冬水是油菜安全越冬、稳产高产的关键。据试验观察，油菜在大雪以后基本停止生长。当平均气温稳定在5°C左右，一般是冬至前后一个星期，泥不粘锄时就进行中耕，结合壅根培土（或盖土）。在黄河以南地区的大面积油菜生产，只要在培养壮苗的基础上，灌好越冬水，进行壅根培土，就可以安全越冬。

(3)因地制宜选用抗寒高产良种　黄淮流域的白菜型油菜具有抗寒、抗旱、耐瘠薄等特点，适于高寒、干旱地区栽培，目前仍有一定种植面积，其主要品种有“74—1”、“关油3号”、“上党油菜”、“76-175”、“荷泽油菜”和“耙齿蔓”、“柏乡油菜”等。

(4)合理密植　根据研究结果和大面积油菜生产调查表明，黄淮地区高产油菜在肥力水平较高，灌溉条件较好的地区，一般甘兰型油菜每亩密度为1.2～1.5万株为宜，在生产水平较低的地区每亩密度为1.5～2万株，白菜型油菜每亩密度可达2万株以上。

(5)早施蕾薹肥　研究结果表明，北方冬油菜高产群体叶面积系数成为两个高峰期。根据这一生理特点，狠抓春发，早施蕾薹肥，是获得油菜高产的重要环节。春发既要发足，又要稳健，要能促进盛花期叶面积系数达到第二个高峰期，还不能造成疯长过旺。据研究在相同施肥水平条件下，重施底肥和蕾薹肥，要比一次施底肥增产20.29%，蕾薹肥一般在二月上中旬每亩施尿素7.5公斤左右。

第三节　芝麻生物特性与栽培技术

一、芝麻生产概况

黄淮海平原是我国芝麻主要产区之一，其种植面积分布既广泛又集中。在淮河以北、燕山、长城一线以南，西依恒山，东濒海岸的广大平原均有种植，而主要分布在豫东沙河沿岸，皖北、河北和苏北等地。该地处温带和北亚热带的半干旱、半湿润气候区，海拔50～100米，年降雨量500～1,000毫米，芝麻生育期间降雨量300毫米左右，日照时数500～700小时。5月中旬开始从南至北气温可逐渐回升到20°C左右，5月中旬至9月中旬积温约2,500°C。芝麻产区大部分土壤为轻质土，土壤呈微碱性，比较利于出苗。因此，该地区气候温和，雨量适中，日照充分，适宜于芝麻的生长发育。由于当地的气候特点和种植制度的不同，在黄河以南是以小麦茬为主的一年二熟或两年五熟的夏芝麻，黄河以北为一年一熟或两年三熟的春芝麻。

黄淮海平原芝麻种植面积，常年为600～700万亩左右，占全国种植面积50%，近年来由于栽培技术的改进和品种更新，芝麻产量由常年每亩产25公斤，提高到亩产43公斤。芝麻生育期短，腾茬早，在田间的落花落叶，增加了田间养分含量，提高了土壤肥力，有“芝麻茬，小早垡”之称。芝麻饼肥养分含量高，施后不仅能提高作物产量，而且能改善品质，有利于多种作物的丰产丰收。芝麻经济效益较高，在较好的栽培条件下，亩产一般可达75公斤左右，每亩纯收入120元以上，而且出售快，为群众购买冬作物（小麦、

油菜等）的底肥提供资金来源。芝麻是主要的优质油料作物之一，种子含油量高，营养丰富，气味芳香，增加芝麻生产有利于改善人们食油结构，提高健康水平。芝麻又是优良的蜜源作物，花期长达2个月之久，其蜜品质好，味甜美，富香气，有利于养蜂业的发展。随着科研进步和乡镇企业的崛起，芝麻的产后加工不断深入，产品出口创汇能力增强。

近年来，芝麻生产受到产区各级领导重视，群众种植积极性高，产区播种面积不断扩大。1986年种植面积已达900多万亩，占全国种植面积60％以上，预计在今后一段时间内，该地芝麻生产将继续处于一个持续稳步发展阶段。

二、芝麻的生物学特性

1.芝麻生长对环境条件的要求

(1)适宜的温度　芝麻为喜温作物。在黄淮平原，种子发芽时最适宜的温度是24～32°C，在16～18°C时，发芽需要时间较长，但也整齐。如1985年试验，在18～20°C的室温条件下5天发芽率为82％。昼夜平均气温20～24°C时最适于芝麻的生长发育。若在生长前期遇低温，幼苗生长慢，根系扩展慢，吸肥吸水能力差，叶片光合能力低，干物质积累少；若现蕾开花期遇低温，不利于花蕾形成，受精率低，落花落蕾严重。当温度过高时，由于蒸腾作用加强，田间土壤失水严重，易造成植株水分供应不足，呼吸作用强，光合效率低，当后期温度下降到20°C以下，根系吸收能力下降，养分不能正常向种子输送，使千粒重下降。在淮北平原，芝麻全生育期需要总的积温约2,100～3,000°C，但也因品种和播期不同而异，一般春芝麻和迟收品种全生育期需积温3,000°C左右，夏芝麻或迟播芝麻2,100～2,500°C左右。芝麻营养生长阶段，积温指数为40％左右，营养生殖生长阶段积温指数为30％左右，生殖生长阶段积温指数为30％左右。

(2)适中的水分　芝麻需要中等量的水分。它对水分的要求和生育期间的雨量分布的关系很大，在雨水充沛而均匀的情况下，每亩生产50公斤种子的耗水量约210立方米，每形成一克干物质需要耗水1公斤左右。从生育期来看，始花至终花期是耗水量最多的时期，一般播种至出苗为4％，出苗至现蕾16.1％，现蕾至开花14.1％，开花至终花53％，终花至成熟19.7％（河南省薄山灌溉试验站）。芝麻对水分反映敏感，稍耐旱，主要怕渍。据试验分析，当土壤水分超过田间持水量的90％，则出现渍害，影响芝麻生长发育。在受渍的环境下，容易发病，病害渍害并发，引起芝麻大幅度减产。苗期受渍，产量降低10％左右，含油量下降2％；盛花期受渍，产量下降20％左右，含油量下降3％，终花期受渍，产量下降39～66％，含油量降低6～8％。但是，芝麻不能忍受长期干旱，在缺水情况下，前期发育不良，植株矮小，中期果轴不能伸长，蕾花大量脱落，后期不能保证养分输送，影响种子产量。

(3)充足的光照　芝麻在生育过程中，需要充足的阳光。前期光照条件好，发苗快，营养面扩展迅速，在旱间旱管的条件下，可促苗稳长，现蕾开花早；中期光照条件好，可促进蕾花发育，果轴伸长快；后期阳光充足，可提高根系活力，养分形成、吸收、输送加快，含油量和品质提高。芝麻在长期阴雨条件下，易造成幼苗徒长，结蒴部位提高，中期株间荫蔽，病害大量发生，使产量和品质下降。

(4)良好的土壤环境　芝麻适于微酸性至微碱性土壤种植，pH值为6～8。一般在砂质土壤，土质疏松，结构良好，排水方便、干燥的土壤条件下，出苗整齐一致，生长

发育良好，根系扩展快，在过分粘重、排水不良、容易板结的土壤有碍出苗。黄淮海的芝麻产区大部分种植在砂姜黑土、沿河轻质壤土，还有一部分褐土和潮土，比较适合芝麻的生长发育。

2.芝麻的生长发育

(1)芝麻的光合面积变化　芝麻在适宜的土壤水分和温度条件下，从播种至出苗需3～4天。第一、二对真叶生长速度为5～7天／片。当出苗半月以后，随着温度上升，叶片生长速度逐渐加快，叶面积不断扩大，单株光合作用加强。在现蕾至盛花阶段，叶面积逐渐扩大到高峰，盛花至终花阶段，在水肥充足的条件下，叶面积缓慢下降，如果此时水肥供应不足，则叶片大量发黄脱落，终花期绿叶面积系数明显下降。据1983～1985年调查分析资料，芝麻终花期落叶面积系数同每亩产量高度相关，相关系数$r=0.96^{**}$，回归方程$y=41.0+21.13x$；叶面积系数同单株蒴数高度相关，相关系数$r=0.96^{**}$，回归方程$y=18.05+5.05x$；芝麻在终花期的叶面积系数大小，是保证获得较多的单株蒴数，增加粒重，提高每亩种子产量的一个重要生理指标（表13-11）。

表13-11　不同芝麻的叶面积与产量

生育期 / 品种	苗蕾期		初花期		盛花期		终花期		成熟期		单产
	叶系	花／株	叶／系	花蒴／株	叶系	花蒴／株	叶系	蒴／株	叶系	蒴／株	（公斤）
中芝7号	1.20	6	2.42	40.6	5.03	75.4	4.55	87.1	4.34	80.5	135.0
	0.30	2	0.61	16.8	1.16	43.7	1.49	53.6	1.16	40.4	70.85
中芝8号	1.86		2.87		4.17		2.66				114.0
熊芝1号	0.92	8	2.49	50.1	4.19	104.1	4.05	122.0	3.41	107.4	124.25
	0.40	4	0.81	17.3	1.44	58.6	1.93	110.9	1.41	64.1	81.15
豫芝2号	1.94		2.65		3.61		3.34				115.0

(2)芝麻种子发育与养分累积　根据1985年在安徽省临泉基点分析资料，芝麻从现蕾至开花一般为8～10天，从开花至种子发育成熟为30天左右，种子干物质积累速度自开花后15～20天最快，千粒种子日平均增重量为0.22克，为成熟种子重量的8.7%，5天中增加种子重量为全部种子重量的43%。开花后25天种子充实速度开始减慢。以整个种子发育时期充实情况看，芝麻种子中内含物的积累是两头慢，中间快，呈大“S”型上升趋势。种子中含油和蛋白质同种子千粒重的增加具有同样趋势，当种子发育30天时，含油量和蛋白质含量最高；当种子发育到35天时，其二者含量均有下降。

(3)芝麻性状与产量的关系　据近几年的有关资料分析，单杆型芝麻品种“中芝8号”的单株蒴数，果轴系数，果轴长度同每亩产量高度正相关，相关系数$r=0.9194^{**}$和0.8893^{*}。在性状之间，果轴系数同单株蒴数，果轴长度与果轴系数，结蒴密度同单株蒴数呈显著正相关。r分别为0.8853^{*}，0.8674^{*}。又据1986年分析资料，分枝型品种的主茎果轴长度同产量高度相关，$r=0.6292^{**}$，$y=17.79+1.16x$。而分枝高度、株高、梢长同产量相关不明显。植株高度同主茎果轴长度及分枝高度呈高度正相关，相关系数r分别等于0.662^{**}，0.85602^{**}。通过分枝型品种产量构成因素的相关显著性检验表明：

分枝型芝麻的分枝蒴数，全株蒴数同产量高度正相关，主茎蒴数同产量呈显著相关，而蒴粒数、千粒重与产量相关不明显。因此，无论单杆型或分枝型品种，都可以根据性状之间和性状同每亩产量之间的相关关系，主攻单株有效蒴数，在控制始蒴部位的同时，促进果轴伸长，用增加结蒴密度来提高单株蒴数，获得较好的种子产量。

3.芝麻的营养特点与需肥规律

在芝麻生育过程中，氮、磷、钾的吸收和干物质积累表现出同步增长的关系（表13-12）。芝麻对养分的吸收是随植株根系和个体的发育而增加，随根系的衰老而下降的。茎叶总氮和总磷含量以盛花期最高，茎叶中氮的百分浓度以苗期最高，磷的百分浓度以初花期最高，而后都迅速下降。但种子形成过程中总量和百分浓度都逐渐增加，叶片中的总钾量以初花期最高，百分浓度以苗期最高。茎的总钾量以终花期最高，茎中钾的浓度蕾期最高而后都不断下降。种子形成过程中总钾量逐渐增加，而百分浓度是逐渐下降。在高产田，芝麻在初花至盛花阶段，干物质积累占成熟时总量的53.6～59.0%；N的吸收量占36.9～46.97%；P_2O_5的吸收量占42.68～51.98%；K_2O的吸收量占43.28～47.33%，是吸收的高峰期。在一般田块中，虽然干物质重和N、P_2O_5、K_2O的吸收高峰期也出现在这一阶段，但吸收量较小，吸收比例是前期稍大于高产田植株，而中后期又低于高产田块。芝麻50公斤种子吸收N、P_2O_5、K_2O总量，随产量的增加而上升，分别为3.40～5.38公斤，1.09～1.93公斤，4.59～5.18公斤。在黄淮海砂姜黑土上种芝麻，由于土壤缺磷少氮富钾，在氮磷配合施肥条件下，能促进植株生长发育，改善经济性状，增加生物学产量，提高种子产量。

表13-12 芝麻各生育期对氮、磷、钾的吸收（%）

项 目	苗蕾期		初花期		盛花期		终花期		亩产50公斤种子需量（公斤）
	高产田	一般田	高产田	一般田	高产田	一般田	高产田	一般田	
N	10.70	14.05	35.10	43.60	71.86	79.66	88.60	89.30	5.38～3.40
P_2O_5	5.31	3.65	18.70	19.70	70.70	59.60	94.86	90.51	1.93～1.09
K_2O	11.57	12.13	44.95	42.85	92.28	75.60	96.78	98.60	5.18～4.59
生物产量	5.71	5.38	19.66	16.47	78.80	55.00	87.95	79.75	

三、芝麻的栽培技术

1.轮作换茬

芝麻同其他作物一样，合理轮作换茬可以充分利用自然条件，培肥地力，消除杂草和病虫害，达到提高劳动效率，提高单位面积产量的目的。在我国黄淮海平原的春夏芝麻产区，主要的轮作方式有以下几种：

(1)春芝麻（一年一熟或二年三熟制的黄河以北地区）

①春玉米或高粱——春芝麻——春小麦——大豆——高粱或谷子；

②春甘薯或棉花——春芝麻——冬小麦——夏粟或夏花生、大豆；

(2)夏芝麻（一年两熟或两年五熟的黄河以南地区）

①大麦——夏芝麻——冬小麦——夏大豆——冬小麦；

②豌豆或蚕豆——夏芝麻——冬小麦——夏甘薯（大豆）——冬小麦；

③冬油菜——夏芝麻——冬小麦——玉米——大白菜——冬小麦；

④冬小麦——夏芝麻——大白菜——小麦——夏玉米（甘薯）；

随着种植业结构调整和种植制度的改革，各地正出现一些较经济的轮作方式，如在芝麻收后，种上一季大白菜，大白菜收后再种小麦，这样在淮北平原一年中可收三季作物，充分利用了芝麻"腾茬早"的优点。在茬口安排上，无论那一种轮作方式，芝麻一定要隔2～3年才能重种一次，一般情况下是四年两头种，如果连作或隔年种植遇长期阴雨天气，易造成芝麻大量发病、死苗，致使产量大幅度下降。在部分地区间作套种较多，如大豆、花生、甘薯地中套种1,000～2,000株芝麻，一般能收芝麻种子15～20公斤／亩，还有的可以在芝麻地中套种一些豇豆等，可利用一高一矮，合理利用光能，增加作物总产量。

2.窄畦深沟

在轮作换茬的基础上，应选择地势高燥平整，排灌方便的地块。种植芝麻因种子颗粒小，顶土能力弱而要求整地质量高。若土壤板结，易造成缺苗断垄。种植前要浅耕灭茬，创造深厚松软的耕层条件，改善土壤水分和空气状况，清除杂草。在整地同时要作好沟畦，一般要求畦宽2～3米，畦沟深0.2～0.3米，宽0.4米，在畦长超过50米的地段要开好腰沟，沟深0.3～0.4米，地头围沟深0.5米左右，宽0.4米，使畦沟、腰沟和地头围沟相配套，做到雨住沟干。天旱时能利畦沟进行灌溉，旱涝双保险。如1983年芝麻生育期间降雨量812.7毫米，比常年多392.7毫米，为雨水较多的涝年。淮北平原基点调查表明，芝麻在同样条件下畦作田块植株生长健壮，单株开花结蒴多，死株率下降39.9%；单产增加89.22%。1984年安徽省临泉县芝麻生育期间降雨量达1,173.5毫米，出现过三次大的降雨过程。由于大部分地块实行窄畦深沟这一技术措施，使地表水下降，芝麻仍然能继续生长。全县27万亩芝麻，单产42.5公斤，其中滑集区2.7万亩，单产达62.5公斤，比全县增产46.94%。

3.选用优良品种

目前，在芝麻主要产区还有不少地方仍种植一些混杂的农家品种，单产低，抗性差。而一些推广品种混杂退化，增产潜力得不到充分发挥，因此，必须选用优良的高产品种，每年进行提纯复壮，单株选择留种。目前在淮北的推广良种中芝7号，在水肥条件适当的情况下，可以充分发挥三花、三心皮、长蒴、每蒴多粒的增产作用。发挥熊芝1号三花密蒴，并且有多花多蒴习性的增产作用。1984～1985年，安徽省临泉县基点，中芝7号亩产最高达140.5公斤，大面积可亩产75～100公斤。熊芝1号最高亩产达125公斤，大面积达75公斤左右。良种中芝7号、熊芝1号在肥水条件相似的情况下，增产潜力大，经济性状表现好，分别比当地品种牛毛黄每亩增产69～83公斤。在黄淮海表现较好的优良品种有豫芝1号、豫芝2号、中芝8号、宜阳白等，它们都具有一定的丰产性和稳定性，其品质优异。如1983～1985年黄淮临泉基点大面积示范，豫芝2号亩产最高达130.65公斤，87.5亩平均亩产109公斤，是目前较稳产高产的品种之一。

4.适时早播早管，促早发

在淮北平原，大部份是麦茬芝麻，播种季节偏晚，若遇播种时天气干旱，往往播期延误到6月中下旬或播后不能正常出苗。春芝麻一般5月中旬播种较为适宜，此时土温一般可以回升到15°C以上，如果播种过早，土壤温度太低，芝麻不能正常萌发出苗；若遇

上连阴天，造成烂种或干旱不出苗时，易被蚂蚁等虫子吃掉。夏播芝麻一般6月初播种，如果播种过晚，营养生长时间短，植株矮小，单株蒴少，千粒重下降，使产量明显降低。河南省驻马店地区农科所试验，驻芝1号、驻芝2号、冀芝1号三个不同类型品种，在5月25日播种亩产最高，比6月10日播种增产17.0%、6.0%，比6月20日播种增产40.3%、30.2%和26.3%。夏芝麻应尽量选用一些较早的茬口种植，如大麦茬、油菜茬、蚕豆茬等。前作收获后及时整地，抢墒播种。小麦茬芝麻，在收割时间紧的情况下，可在收获后用耧直接条播，采用一半撒播一半条播种子的条撒结合双保险办法。在底墒好的情况下，条播芝麻可正常萌发出苗，若播后遇雨，或表土板结，撒播芝麻盖土浅，可正常出苗。芝麻每亩播种量应掌握在0.5公斤左右，播种量太小，在墒情不好时易造成缺苗断垄。播种量太大，出苗数量过多，间苗困难。芝麻出苗后应及时间苗，一对真叶将成团的苗间开，2～4对真叶应分次间苗，4对真叶左右定苗。芝麻苗期生长势弱，如不及时中耕除草，易产生草荒，不能搭好早发稳长的丰产架子，应抢晴天，避雨天进行中耕除草。在芝麻播种至出苗前可喷一定浓度的除草剂，防治效果较好。我所1984年喷拉索除草剂0.15公斤，防治效果达2.09～14.07倍，每亩种子产量增加13.63%，并节约大量人工，经济效益显著。

5.合理密植

芝麻合理的群体结构，有利于保证个体和群体协调发展，是合理利用光、气、热的基础。如果密度太稀，株间空隙大，虽然通风透光好，个体发育旺盛，但群体发展不好，光合面积小，前期光热损失大，每亩总的蒴数太少，产量不高。如果密度太大，虽然前期群体发展快，但个体发育不良，中期通风透光差，株间蔽荫严重，在高温高湿条件下，病害大量发生。因此，芝麻种植密度，既要考虑个体发育，也要考虑群体光合效应，根据不同品种类型，不同播种时期，不同土壤肥力灵活掌握。对5月中旬播种的春芝麻，单杆型品种留苗密度每亩8,000～10,000株，分枝型品种每亩5,000～6,000株。6月上旬播种的夏芝麻，单杆型品种密度每亩为10,000～12,000株，分枝型品种每亩6,000～8,000株。对于土壤肥力较差，播种较迟的单杆型品种，每亩密度可增加到12,000～14,000株，分枝型品种每亩8,000～10,000株，可采用以密补瘦，以密补迟的栽培方法，配合其他栽培措施，争取每亩有较多蒴数，达到晚播瘦地高产的效果。

6.科学施肥

芝麻是一种需肥量较大的作物之一。根据黄淮海平原的营养状况，芝麻在氮磷配合，施足底肥的基础上，初花期适当追施氮肥，既能促进生长发育，增加干物质重量，又能提高芝麻种子产量。据1984年芝麻施氮试验，亩施尿素0～20公斤，随施肥量的增加，芝麻单株节数、果轴长度、单株蒴数都增加，单产随之上升，1公斤尿素可增产芝麻种子2.5～3.1公斤。当每亩施尿素30～50公斤时，随施量的增加，营养生长旺盛，植株增高，叶面积系数扩大，株间荫蔽严重，发病率增加，产量随之下降，1公斤尿素只能增产芝麻种子0.18～0.57公斤。又据1984年氮磷配合施肥效果试验，淮北砂姜黑土单施氮肥或单施磷肥虽然能增加每亩种子产量，但是不如氮磷配合施用效果显著，增加种子产量35.27～32.29%。1986年施肥方法试验结果，初花期每亩打洞穴施尿素15公斤，比撒施同等量尿素增产32.8%。因此，在该地区亩产芝麻种子75～100公斤，可以底施过磷酸钙25公斤，加尿素3～5公斤，或磷酸二胺10～15公斤。苗期根据长势，对弱苗每亩

可补施尿素5公斤，初花期每亩打洞穴施尿素10公斤。

在花期可喷0.05%的硼酸溶液和0.03%的磷酸二氢钾溶液，促进养分向花蒴输送和补充中后期养分不足。因硼在植物体内参加碳水化合物的运输，调节水分吸收、养分平衡和氧化还原过程，又是开花的必要物质，而磷酸二氢钾能补充蒴果养分，促蒴壮粒饱，据试验喷肥增产显著，一般增产8～15%。

7.防治病虫害

(1)病害　芝麻病害种类很多，一般损失产量10～20%，含油量下降2～5%。在发病重的地块损失达50～60%，有的地块基本绝收。在黄淮海平原为害芝麻的主要病害有，芝麻茎点枯、枯萎病、青枯病、芝麻疫病、病毒病和叶斑病等。其茎点枯、枯萎病和病毒病，从苗期侵入，到成熟期均有发生。青枯病，疫病和叶斑病主要在中后期发病，特别是疫病和叶斑病，如果芝麻施肥晚或施肥偏量过大，株间荫蔽严重，高温高湿的条件下便大量发生。在一周之内植株的叶片可全部脱落，致使绝收。芝麻病害主要是通过土壤和带病种子传播，在适宜的条件下大量繁殖，如果防治不及时，就会造成严重减产。在防治方法上，首先应注重轮作换茬，选择高燥的田块种植。播种时开好沟厢，厢面平整，雨天及时排水控水，减少土壤含水量；选择无病植株留种，单收单脱；播种前可用55～60°C温水浸种10分钟或用硫酸铜、多菌灵等药剂进行种子处理；苗期、花期、后期分别用500～800倍的多菌灵或甲基托布津溶液进行防治，也可用1：150倍波尔多液进行防治，效果较好。

(2)虫害　为害芝麻的害虫主要有蚜虫、芝麻天蛾、甜菜夜蛾、小地老虎和蟋蟀等。蚜虫为害嫩叶片，还传播芝麻病毒病；芝麻天蛾、甜菜夜蛾主要为害芝麻嫩头和蕾花、幼蒴；小地老虎主要在苗期活动，专咬幼苗茎部，严重时损苗20～30%；蟋蟀主要在中后期啃咬植株根茎表皮，破坏水分养料的输送，致使整株枯死或吃早熟蒴果。在防治方法上，一对真叶期可喷1,500倍敌百虫药液防治地老虎为害，对三龄以上的地老虎，可用人工早晚捕杀；花期可喷乐果，敌杀死等药液防治蚜虫、芝麻天蛾等为害，中后期可用敌百虫作毒饵，诱杀蟋蟀。

8.适时打顶，保证种子质量

芝麻是无限花序作物，当温度适宜，养分充足时，可以不断开花结蒴。当后期日平均气温低于20°C以下，生长基本停止时，在芝麻植株顶部会出现空，空梢下部蒴果里的种子不饱满，内含物较少，种色不纯，质量差。因此，必须根据芝麻种子发育规律，适时摘除顶心，控制上部无效蒴果竞争养分，使能成功的蒴果养分更充足。据观察分析，芝麻的现蕾到种子成熟35～40天，从开花到种子成熟30天左右，芝麻只有在收获前30天所开放的花朵才能发育成正常蒴果。又根据淮北平原历年气象资料分析，在9月中下旬，往往阴雨连绵，气温很快下降到20°C以下。这时芝麻若没收获，它本身不能制造养料，而且还要呼吸消耗一部份，种子中的油分含量、蛋白质含量往往有下降趋势。因此，在芝麻收获前30天左右适度摘除顶心，一般每亩增加种子产量8～10%。黄淮海的春芝麻一般5月中旬播种，7月下旬左右就可摘除顶心，8月下旬就可收获，对于6月上旬左右播种的夏芝麻，可以在8月上中旬打顶，9月上中旬即可成熟。收获时应将芝麻捆成50株左右的小捆，3～5捆一棚，在道旁、晒场、地头等场所凉晒，经2～3次脱粒即可干净，防止芝麻收后进行大堆放的不科学方法，使芝麻丰收，保证种子质量。

第十四章　黄淮海地区果树生产和栽培技术

第一节　果树生产概况

本区果树栽培历史悠久，是我国苹果、梨、葡萄、桃、杏、李、枣、柿、板栗的主要产区。各地有各自的名特产果品。如梨的“鸭梨”、“慈梨”、“酥梨”；葡萄的“玫瑰香”、“龙眼”；桃的“佛桃”；北枣的“金丝小枣”、“无核枣”；柿的“大磨盘”、“牛心柿”等。还有不少以地方出名的果树，如烟台苹果、砀山梨、莱阳梨、河北鸭梨，萧县、平度、昌黎葡萄，肥城桃，太和樱桃等，果品资源非常丰富。在发展农业生产上，果品生产是其重要组成部分。全区现有苹果530万亩，生产苹果150亿公斤（占全国产量的50％以上）；梨树185万亩，产梨8.8亿公斤（占全国60％以上）；葡萄20万亩，产葡萄1亿公斤。

解放以来，黄淮农业区的黄河故道一带发展较快，面积也大，在仅仅30年内就形成了果品生产基地。从50年代初期开始，就在黄河故道2000万亩沙荒盐碱地上，进行了旨在利用沙荒、发展果树、增加果品产量和经济效益的工作。首先在徐州、仪封(兰考)和泛区（西华）等地建立起果园，引种苹果、梨、葡萄、桃、杏等当地和外地的优良品种。1957年中央农业部组织有关专家对故道地区栽培果树的经验和发展前景进行了全面的考察和总结，并就此作出了在故道大力发展果树的决议，从而形成了50年代后期和60年代末至70年代初两次发展果树的高潮，全区果树面积达300万亩，年产果品4.5亿公斤以上。

十一届三中全会以来，故道地区发展果树的优势得到了进一步发扬，各县以当地名特产为基础的商品果品生产基地迅速发展，果树面积又有新的扩大。据不完全统计，目前已达600万亩，而1981年仅300万亩。其中发展最快的是苹果，其次为葡萄和桃。现在葡萄面积与产量占全国第二位，而葡萄酒的产量则居全国之首。

由于发展果树生产，大大促进了本地区经济的发展。首先，增加了国家、集体、个人的经济收入。如故道地区1987年就有国营果园91个，其中如萧县的葡萄酒罐头公司，每年给县财政创500～600万元收入，约占萧县全年财政收入的三分之一。鲜果和罐头出口还换回了大量外汇。其次，推动了粮食生产，果品的收入可增加农业投资的积累，如化肥、农药、水利设施、农业机械的投资，以果促粮。果品的生产又改善了生活食品的搭配比例。再次，促进了果品加工工业的发展，果实是果制品的原料，随着果品生产的发展，酿酒、制汁、制干、制罐、果脯等加工工业亦随之发展。如以葡萄酒生产为例，仅故道地区就有较大规模的酒厂10余个，黄淮海地区是我国主要葡萄酒生产基地。最后，防风固沙，改善了农业生态环境。本区常受干旱、干热风威胁，沙区还受风沙为害，果树成林后也属防护林的一部分，起着防风、固沙、保持湿度等调节气候的作用。滨海、

砀山、兰考一线现已明显看出沙暴日趋减少。特别是平原地区，森林的发展面积应占一定比例，实践证明，果树既是经济林种之一，又起了农田防护林的作用。

黄淮海地区的温带果树，在我国有举足轻重的地位。该区土地面积广阔，温度适宜，有发展果树的巨大潜力；同时，本区有大量不宜种粮、棉的沙、碱、缓坡地，均适于发展果树。因而发展的余地更大。为加速果树的生产发展，应采取以下措施。

①提高现有果树的产量与品质。现有果树一般产量均偏低，品质差，既影响了市场供应和经济收益，又影响了新区的发展。因此，首先应以抓好当前的果树生产入手。以大宗果树苹果为例，美、日、法、意等国平均亩产530～1500公斤，而我国单产仅258.5公斤，河南只有150公斤，产量差距之大，甚为明显。国内好的地区，平均单产也在500～1000公斤。香港市场苹果每吨价格，我国苹果为246美元，美国的均价为592美元，品质的差价很大。我国出口苹果为优中选优，国内的平均价则更低。因此，各地应因地、因树种、因品种、因树龄认真推广行之有效的栽培技术、经营方法，提高产量，改进品质，尽快缩短现存的差距。

②调整树种、品种比例。本区现已有苹果树530万亩，梨树185万亩，葡萄树只有20万亩，其他水果很少。今后则应多发展些短缺水果，根据酿酒、制罐的需要，多栽种些葡萄、桃、樱桃、山楂等。同时也应发展些适时上市的杏、樱桃、李、草莓等水果。苹果、梨等大宗水果的品种，也有失调现象，中熟品种偏多。今后应以发展晚熟耐贮运品种为主。南部地区应利用气温较高的优势，适量发展早熟品种，如苹果的伏翠、伏帅、辽伏，梨的早酥等。此外，还应大量发展干果、枣、柿、核桃、板栗等木本粮油果树。

③因地制宜，扩大新基地。今后的果树发展，仍应利用沙地、缓坡地，少占用粮棉地。但要考虑适宜的树种与品种，矮化小冠的树体。如沙地、轻盐碱地，主要发展葡萄、枣、梨与西瓜、甜瓜等；重盐碱地与涝洼地在排碱防涝的措施基础上发展相应的果树。一些名牌产区，应以恢复、发展名特产品为主。

④发展贮藏、加工工业。水果生产的节季性较强，采后一般不能在当地销完，特别是商品基地的果品，需通过贮藏、加工（制酒、制罐、制干、制果脯等）后，保证季产年销与出口换汇。以苹果为例，国外采用气调库和冷藏，气调集装箱，运输用冷藏车，做到长期保鲜，季产年销。我国则因贮藏条件太差，全国苹果腐烂损失每年达2亿多公斤。至于梨与桃的损失更为惊人。葡萄除部分生食外，大都酿酒、制汁、制干、作成饮料，供应市场。水果的市场潜力很大，黄桃、樱桃、山楂、猕猴桃制品适于外销，产地也逐渐扩大，果品生产食品工业必须密切配合。

⑤营造防护林和种植绿肥、牧草。本区常受季节风影响，也受干热风危害。营造林带可以调节气候，保证果树及粮、棉的正常生长与座果。沙区种林可固沙。土地面积多的地区，可以发展四旁绿化或利用小片地营造丰产林。既起防护作用，又可生产木材、果品包装用材料和燃料。

发展果树的地方，大多土壤瘠薄、有机质缺乏，特别是沙地、碱地及丘陵薄地，绿肥与牧草是有效的生物土壤改良剂。据在民权农场的调查，连压绿肥2～4年后，土壤的pH值、含盐量降低，有机质与速效氮、磷、钾增加，土壤的物理性状得到改善。苹果的产量比对照增加44～50.2%，因而故道地区30多个大果园夏绿肥种植面积占果园总面积

的25～100%，冬绿肥的种植面积为40～100%。种绿肥、牧草既可改良土壤，为果树提供肥料，又可为畜牧业提供饲料，还可作编织业的原材料。

第二节　黄河故道苹果栽培技术

苹果是故道地区各类果树中面积最大、数量最多的树种。根据1981年调查统计，全区有苹果树152万亩，总产20万吨。十一届三中全会以来，苹果的发展尤为突出，目前故道果树面积已扩大一倍以上约600多万亩，其中苹果的比重已超过半数。

故道地区是苹果栽培新区，解放以前这个地区只有少数海棠、花红等，中国苹果、欧洲苹果只有郑州、开封等地有少量栽培，形不成商品生产。解放以后，从无到有，从少到多，至目前已形成一个大规模集中连片的新兴苹果生产基地。现将故道苹果栽培的特点和具体措施及方法，阐述如下。

一、故道苹果生长和发育的生态环境条件

苹果喜冬季温和、夏季凉爽的气候环境，一般要求年平均气温为8～12°C，夏季6～8月平均温度在24°C以上。然而黄河故道全境处于华北季风暖温带的南缘，常年最低气温为14～15°C，6～8月平均气温超过26°C，处于苹果商品生产栽培的南限以南。

故道地区生长期长和生长季高温多雨，有利于果树的生长和营养物质积累，但不利于结果。60年代初的“旺树不结果”，表现为不结果或结果少，落花落果严重，质量差。特别是8～9月成熟的苹果，如金帅和元帅系品种，肉质疏松，硬度小，不耐贮、运，病虫危害果实也特别严重。但是，多年来通过优良品种的选育和栽培管理技术的改进提高，质量问题已有了很大的提高。江苏省丰县大沙河果园生产的富士苹果在全国评比中名列第二，荣获部优称号。

风的直接、间接影响，特别是它的破坏力，远比其他因子的影响强烈。因大气环流中空气的调节、降雨渗流、气温的调节、水分的蒸腾和蒸发、甚至沙漠化的过程，无不与风有密切关系。

故道地区的风害主要发生在冬、春和初夏。大风起处，飞沙走石，造成严重的风蚀，沙丘移动，掩埋良田和房屋。春夏之交，气温迅速上升，沙土热容量小，在阳光直射下，地表温度常常高达60～70°C，热气流的垂直上升，是沙暴频繁的起因。风夹带大量沙土，对作物生长和人民生活，带来很大的威胁。当地群众有一句谚语，叫做“霜打梨花见一半，沙打梨花不见面”，可见风沙对于花期的危害，远比霜冻严重。

所以把防风固沙作为治理沙荒的首要一环，固定流沙，防止风蚀是土壤改良的起步和基础。要使苹果结果，首先要保护幼树站住脚，并逐渐成长壮大，迅速成林，才能最后战胜自然灾害，改善生态环境，也改善苹果树木身的生活环境。

黄河故道地区的苹果树，主要栽植在废河道中心，或沙荒茅草地等不适于农业生产的沙碱薄地。全区面积广大，地势平坦。由于故道沙荒形成过程中泥沙量大，经常壅塞河道，造成决口，洪水泛滥，以致局部地面高低不平。在雨量分布不均，沙土瘠薄，保水力差的情况下，春旱秋涝，十年九灾，瘠薄的沙土有机质含量只有0.3%左右，不保水、不保肥。所以防风固沙、改良土壤，是最基本的措施之一。

二、故道苹果的栽培技术

故道地区苹果的栽培随着果园中果树的发展不同阶段有所不同，大体上可区分为三个各有侧重的时期：①首先是克服直接威胁苹果幼树的灾难性因素，例如：防风、排水、消灭草荒和病虫防治；②加强栽培管理，促进幼树的营养生长，为早结果、多结果创造条件，例如：绿肥利用、施用化肥、灌水等措施；③在幼树健康成长的基础上，促进幼树早结果，早丰产的措施，例如：整形、修剪（包括夏剪、扭梢、环剥等），病虫害的防治和植物生长调节剂的应用等。

现根据果园建立和果树生长发育的过程，和不同生长时期应侧重注意的主要问题，应遵循的技术原则，阐述如下。

1.建　园

（1）土地规划　黄河故道地势平坦，面积广大，果园的规划如防风林、道路、作业区等，都可以做到整齐划一。大型果园的主干道，常常直线延伸几十公里，两傍绿树成荫，既可以防风，也可以遮荫，作业区面积百亩左右，四周设排水沟。

①防风林与道路。由于果园整齐划一，作业区大多为长方形，面积大，因而两者可以结合起来。

作为防风林的乔木树种，多数为洋槐和杨树，生长快，能赶在果树结果前成林，但最近中国农业科学院郑州果树所研究发现，故道苹果引起烂果的病源，主要为干腐病，与杨树上普遍发生的水泡溃疡病为同一病原，因而比较起来以采用洋槐较好。紫穗槐作为灌木，用于低层，可以护沟，可以采条，兼作绿肥，还有缓和防风林根系侵害苹果根系的作用。紫穗槐通常种在乔木林外侧，作业区排水沟边。路面较宽时也可以把防风林种在路中间，两侧行车，路边种紫穗槐。这样无论对苹果根系的危害或树荫的影响都减少到最小，路面较窄时也可以把防风林种在路的一侧（南侧）。

②排水。黄河故道属于黄淮海大平原的一部分，故道自郑州以下，至东海之滨，长达六百余公里，而落差只有100余米，由于比降太小，水流缓慢，是个内涝地区。每到秋后，果园常积水成灾，盐碱随地下水上升。苹果不耐水淹盐渍，容易因根系致死而造成整个植株或成片死亡。所以故道苹果园应把排水作为重要问题予以考虑，而且要从平整土地开始，使整个果园的地下水位在雨季时也不超过一米以上，地面积水能很快外泄。

排水沟必须大小配套，作业区排水沟设在四周边缘，利用外侧沟边栽种紫穗槐，兼作护沟。每年雨季前进行疏浚，并切断从沟底伸入果园的树根，以免影响果树根系的生长，排水沟总干道必须和外界河道相通，使外泄水流畅通无阻。

（2）整　地　果园土地经过规划，防风林、道路和排水沟均已安置就绪后，下一步工作是平整作业区土地，为幼树定植做好准备。

①伏耕除草。沙荒地的改良，首先应从清除直接影响幼果树生长的杂草开始。沙土瘠薄，通常只有茅草生长独旺，必须在幼树定植之前消灭干净。定植后，如果茅草根一旦进入树盘和果树根系混杂在一起，则很难彻底清除。通常情况下幼树受茅草为害，生长微弱（年生长量一般只10厘米左右），成为小老树。民权县1973年因苹果果树受茅草危害，生长衰弱，年产量很低，采用人工刨除茅草，据统计每树（冠径5米左右）挖出

茅草根40公斤，最高的达到78.5公斤。砀山果园场1962年小树生长很弱，欲买肥料又缺乏资金，后来发动全场职工刨茅草根，经1962～1963年和1963～1964年两个冬春，刨净了全场茅草，从此小树恢复很快，生长茁壮，为早结果和以后的丰产奠定了稳固的基础。

用人工刨除茅草，因劳动强度大耗费大量人力，只在不得已的情况下才能应用。结合整地最好采用伏耕除草，方法简单，只要在7～8月伏天间隔一周左右深翻两次，把茅草根翻上来晒死；也可以在冬季深翻，把草根翻出来干冻致死，但冬翻不如伏翻，一是时间短，二是冬春干旱又是风季，容易引起风蚀。

除了伏耕除草之外，还可以采用除草剂，目前故道果园使用较多的如草甘膦，每亩用量0.5～1公斤，成本每亩2～3元，效果良好。也可以用间作绿肥等地面覆盖，以抑制杂草的滋生。经常利用的绿肥种类如毛叶苕子（冬绿肥）、小豇豆（夏绿肥），都有抑制杂草生长的作用，特别是小豇豆生长迅速，能有效抑制茅草、莎草等苹果园杂草的发生。

②平整土地。黄河故道因经常洪水泛滥，泥沙沉积，并经过长期的水流冲蚀，其实是一片坑坑洼洼，大平小不平的土地，如果不注意平整土地，会造成局部洼涝和水土流失。为了便于整地，最好以作业区为单位，平高填低，如果高差太大，还可以分成几个等高阶梯，注意排水，以解决局部洼涝。

对矮化栽培，因植株矮小，嫁接口低，洼坑内植株会因淤泥而埋土太深，造成接穗生根，失去矮化砧的矮化作用。而高地上的植株则因水土冲刷，使根系裸露受旱、受冻，或浅根侧伏，所以对整地的要求更为严格。

2.定　植

定植是建园的最后一环，其内容包括苗木选择、密植、挖定植穴和定植。

①苗木选择。苗木是果树栽培的基础，苗木的好坏直接影响果园的生产和经济效益。

苗木的质量包含三个内容：良种、良砧和良苗，它们是一个整体，忽视其中的任何一环，都会影响和导致整个果园生产的失败，三者必须配套，全部合格。

对良种首先要明确它的用途，是否符合规划生产的目的和要求。例如生食、加工，或酿酒对品种就有不同的要求。要了解品种的商品质量和市场竞争能力，要满足广大人民对果品质量的多方面要求，必须包含各种用途的品种的组合。例如：早、中、晚熟，加工品种中的制汁、制罐等，以及不同色泽、不同风味，同时也要考虑不同成熟时期，延长加工时间，提高加工设备的利用率。

故道苹果品种从50年代开始，到目前已发生了很大的变化，这是因为不同品种对于不同地区自然环境条件的选择和适应能力是不一样的。最初从老果区引入的品种，在故道表现好的不多，现大多数已被淘汰，关于故道苹果品种的演变情况，从50年代初试种开始，大致经过了三个时期，目前为第三代品种。

第一代品种：大多来自三个老区：一是山东，以青香蕉、国光和一部分红、黄香蕉（红星、金帅）为主；二是辽宁，以国光为主；三是来自河南灵金以青香蕉、倭巾、国光、红玉为主；还有一些古老的欧美品种，旭光、伏花皮、柳玉等。大体上江苏受辽宁影响较大，河南受灵金及郑州、开封老果园的影响最大。因为早熟品种不多，占比重也

小，主要为黄魁、红魁和祝光是全区共同的品种。

第二代品种：是在60年代末和70年代初发展起来的品种。这个时期对早引进品种在故道地区的适应性已有充分了解。有些品种很快被淘汰，为生产者接受、受消费者欢迎的只有原来数量较少的金帅和红星两个品种。有些品种如祝光，上市较早，虽有一定市场，但产量不高，又不耐贮运，在发展上受到限制。国光在故道的表现比在辽宁差得多，但一时找不到耐贮的晚熟品种，暂时保留。此外如倭巾、青香蕉或因质量差，或因产量低，虽不受欢迎，但原有面积较大，生长健壮，去之可惜，所以大都保留未动，但没有发展。在这一时期主要发展的只有金帅、红星两个品种，是第二代品种的代表。

第三代品种：也就是目前推广的品种，其中包括早中熟品种辽伏、伏翠和伏帅；中晚熟品种金帅、红星系（短枝型全矮生，新红星等芽变系新品种）；晚熟品种为着色系富士。这些品种都是在历年引种、选育，经过试栽筛选出来的优良品种，比起原来品种已有明显的提高。但远远不能满足商品市场对于苹果质量的要求，预计新的品种组合将在第三代基础上加以改进：①提高早熟种果品的质量和耐贮运能力；②在金帅、红星品种的质量基础上，提高耐贮运能力，保证中秋、国庆的节日供应；③解决7月底至8月中旬果品市场淡季供应问题。这个时期正是西瓜、甜瓜、早熟果品核果类已下市，南方对果品需要量大增。因而，近年来金帅、红星提前在8月上中旬大量采收外运；④增加1～2个优质晚熟品种。

接穗和砧木通过嫁接而成营养苗，长大成树，接穗和砧木相互制约，相互促进，融为一体，叫做穗／砧组合，虽然人们通常只注意接穗品种，其实苹果树的生长强弱，结果早晚、多少和好坏，无不与砧木的种类、特性以及穗／砧之间的相互适应和影响有关。因此，必须强调砧木的选择。

目前故道作为齐砧或矮化中间砧基础的种类，主要为八楞海棠，其优点是生长旺，适应性强，抗盐碱。其缺点为结果晚，树冠太大，管理不便。根据研究报导，用山东的难咽和茶果作为砧木，有树体小、结果早、丰产、抗盐碱等优点。至于除故道以外属于黄淮农业区的徐州至连云港一线，和淮河流域一带，土壤偏酸性，可以采用平邑甜茶和湖北海棠。

目前故道品种已全部更新，很多地区又利用矮化中间砧（主要为M系矮化砧M26、MM106等）发展矮化果园，因而有必要进行品种／矮化中间砧／基砧组合试验，为进一步实现果园现代化提供科学实验依据。

采用良种、良砧，再加强苗期管理，保证各个时期苗木的正常生长，达到一定的质量标准和规格要求，这就是良苗。

发展果树的地区，最好自己建立苗圃，从苗木抓起，既能节支，又能保证质量。果园定植是一项基本建设，几十年大计，质量第一。否则后患无穷。

②密植。　密植是获得丰产、高产的关键性措施之一，密植必须合理，要根据穗／砧

表14-1　不同砧木种类的密植密度

砧木种类		行×株（米）	密度（株／亩）
乔砧（八楞海棠）		7×4.5～5	21～19
半矮中间砧	M7	4×2	83
	MM106	5×2.5	53
矮化中间砧	M26	4×1.5～2	111～83
	M9		

注：使用时可根据实际情况适当调整。

组合、自然和人为的管理条件以及技术水平等来决定。一般情况下可以采用密度标准，表14-1中数据可供参考。

③定植。 定植前先挖好定植穴，通常情况下，定植穴宽、深都是1米，矮化密植时株距较小，可以连通挖成沟，宽、深不变。

定植前最好能在沟内种一季高秆绿肥如柽蔴，田菁，冬季种苕子，刈割后直接埋在沟内，以改良底层土壤，同时也可以解决故道果园面积大，有机肥料很难满足需要的问题。与绿肥掩青、填土、施基肥同时，增施磷肥。

填土90厘米时灌水，灌深灌透，然后栽植树苗，并覆盖表土，再灌水，完成定植。

故道春旱，应采用地膜覆盖，每株一平方米，一般情况下，幼苗根浅，春夏之交，降雨较少但蒸发很快，灌水又比较困难，对幼苗成活影响很大。薄膜覆盖，可以保苗，减少水分蒸发，还有除草的作用。

至此，建园任务基本完成，下一步任务是加强管理，保证幼树茁壮成长，适时结果，早日投产。

三、故道苹果园管理

果园管理包括地下和地上管理两部分。地下管理即土壤管理（广义），包括耕作、行间利用、施肥和灌水。其中心任务是改良土壤、提高肥力，提高保水、保肥能力，为果树根系创造一个良好的生活环境。地上部管理或者叫做树体管理，包括病虫防治、整枝、修剪和采收等。

1.沙荒果园的土壤改良

沙土结构疏松，通气性好，适合果树根系生活的要求，但故道沙土瘠薄，有机质含量只有0.3%左右，保水保肥力很差。

因此，改善沙土的理化性质，提高肥力，提高沙土的保水、保肥能力，是沙土改良的中心内容，其关键是增加土壤有机质，这是故道沙荒果园取得成功的最重要经验之一。

土壤管理，增加土壤有机质的途径和方法，有以下几种：

（1）增施农家有机肥料 这是增加土壤有机质的基本途径之一，但故道地多人少，农业生产也需要很多肥料。果园面积大，耕作层深，作为改善沙土理化性质，所需施用的有机肥料数量极大，一般较难满足需要。

（2）绿肥利用 在农家肥料难以满足要求的情况下，绿肥的利用已成为故道果园有机肥料的主要来源之一。

故道地区自60年代初期，提倡“以地养地，大种绿肥”，解决果园肥料以来，已积累了丰富的经验。就种植方式而言，有“冬绿肥、夏绿肥”，有“行间利用和全园绿肥”等。绿肥的种类，有多年生绿肥紫穗槐、沙打旺、紫花苜蓿等；1～2年生绿肥有苕子、田菁、草木樨、柽蔴等多数绿肥又兼作饲料，其中最著名者如苜蓿、毛蔓豆、蔓绿豆、乌豇豆和小豇豆等。绿肥的利用，也是多种多样，可以翻压，可以刈割沤制，或作堆肥。

绿肥除增加土壤有机质外，冬春干旱，还具有覆盖地面，保护土壤，免受风蚀，和防旱保墒，减少地面蒸发的作用。夏季炎热，又能防止太阳光直射地面，降低土温。

7～8月雨季，既能充分利用降水，还可以保持水土，防止流失。果树是多年生木本作物,利用行间树荫,发展绿肥饲料，甚至粮食作物，发展主体农业，提高土地的利用率，既能肥地，又能增加经济收益，是果树栽培的一大优势，也是今后发展的方向，应当充分发展。在众多绿肥中,紫穗槐尤佳，它具有适应能力强,利用价值高的特点，除能护土保水，能刈割作绿肥外，也是很好的编织材料。在比较肥沃的土地上，每年5月份割一茬绿肥，不影响条子的产量，所有果园如能利用地边、沟边、路边等，见缝插针，大种紫穗槐，其经济效益，尤其是生态效益，都是不可估价的。

（3）拉淤压沙　这是沙区改良土壤的群众经验，兰考焦裕禄同志曾根据群众经验，用拉淤覆盖沙丘，称做“贴膏药”，以控制沙丘的流动。所以叫压沙。果园拉淤覆盖在树冠下，经过深翻，或结合深施基肥，搅和在沙土内拌匀，有改变沙土结构的作用。在砀山果园场基点的推广应用中，发现经过拉淤后第三年（即间隔一年）的果园，产量都比原来翻了一番以上，通过测定土壤的化学成分，可以明显看出：①由于果树栽后，进行较好的管理，土壤有机质增加。例如：砀山果园场(3)园和(45)园1964年当时表层土壤的有机质含量只有0.3%左右，但耕作10年后的1975年，(3)园表层土壤的有机质含量提高到0.7%，提高了一倍以上；②在管理当中增加“拉淤压沙”一项措施，1975年比1964年有机质含量增加了10倍以上（土壤各层次有机质总和比较）；③以相同年份相比，拉淤后的有机质增加，也达到6倍左右。

农村沟泊池塘很多，淤泥的来源是很丰富的，如能几年“拉淤压沙”一次，或用于管理失调，为迅速恢复树势，增加产量，以扭转恶性循环中的被动局面，其效果是良好的。或者在农家有机肥中适当掺入使用作为基肥，但不宜使用过量，以免树势旺长，影响结果，影响果品质量，同时此法费劳力过多，也不宜经常使用。

“拉淤压沙”肥源充足，不用花钱，技术简单，效果明显，是沙区果树栽培中值得进一步研究和广泛推广应用的一项措施。

（4）施肥　农家有机肥（包括绿肥、堆肥和厩肥），主要在秋季作为基肥施用。其数量按纯量计算，应不低于全年总量的70%左右。

在施用绿肥和农家肥为主的有机肥料基础上，适当增施矿质营养作为补充，对瘠薄沙土园果树的优质丰产栽培是很重要的。在矿质肥料的使用中，应根据故道土壤和苹果树生长、结果的特点，注意以下事项：

①故道生长季高温多雨，自然条件优越，但果树生长偏旺，应注意氮肥的控制使用。施用的时间主要放在秋季采收前后，结合基肥施用，以促进采后营养的积累、贮存和第二年早春的利用。生长季作为追肥施用，不超过全年纯氮总量的1／3，但使用中还要看苹果树的树龄、生长强弱和当年结果的多少，通过施肥调节苹果树的生长和结果，控制旺长，促进结果。

②故道地区土壤钾含量丰富，而磷含量很低，发展绿肥，吸收土壤中钾肥，翻压腐熟后，为果树所利用。结合基肥深施，增施磷肥（包括定植和每年秋施基肥），同时在绿肥栽种时施用，以磷增氮。

③沙土瘠薄，主要是有机质缺乏，结构差、保水保肥力差，可溶性矿质营养容易渗漏流失，因而要以有机肥料为主。矿质营养的施用，要勤施、少施。生长季结合病虫防治，喷撒药液，采用根外追肥，是一项很好的措施。

缺微量元素（铁、锌、镁、锰等）是故道苹果树比较普遍存在的问题，应经常注意其发生和防治。

（5）灌水　故道苹果也需要灌水，但比较起来，旱比涝的问题小一些，原因是：①果树根系比较深，抗旱能力比一般作物强；②故道地下水位高，水分容易得到补充；③沙土通气性好，有利于根系的吸收；④果园树冠的遮荫，地面绿肥的覆盖，改变了果园的生态环境。遮荫避免了阳光的直射，覆盖提高了空气中的相对湿度，从而降低了地面水分的蒸发，使土壤内保持更多的水分；⑤沙土比热小，昼液温差大，特别是春夏旱季，沙土汽化水的作用很大（群众叫做“夜潮土”）。根据多年来在故道工作的经验，和1962～1964年土壤水分观测的结果，“旱”的威胁不像“涝”那样严重。

但果树毕竟是离不开水的，苹果中水的含量在80%以上。根据故道的气候条件和果树生长的需水时期，以及有关的基本原理，提出注意事项如下：

①灌水必须在保水的基础上进行，以提高灌溉效果和节约用水。特别是春夏之交，气温高，蒸发大，降雨很少，且持续时间长，旱季从第一年10月开始，经过一个冬春，水分的蒸发量很大，到次年5～6月是最旱的时间，必须重视地面覆盖（如果不是十分干旱，可不必强调灌水）。对于新定植的幼树，最好采用地膜覆盖。

②主要灌水的时间结合秋施基肥和封冻水，此时施肥坑内土壤疏松，有利于水分的渗入和保蓄，灌深灌透。因为气温开始下降，蒸发减少，到封冻以前再灌一次封冻水，有利于冬春休眠前后苹果根系的活动和对营养元素的吸收。

③其他时间，除非特别干旱（包括夏季5～6月间），一般不需灌水，如果用水不当，不但无利，而且有害。例如：5～6月干旱有利花芽分化，灌水过多，影响花芽形成，5月中旬正是新梢开始缓慢生长期，灌水会刺激新梢旺长，导致落果的增加。

④果园灌水以滴灌最好，沟灌次之，树盘灌以及大水漫灌，耗水量大，也不易灌深灌透，效果最差。

2.黄河故道苹果整形修剪技术的特点和经验

故道苹果整形修剪技术，是在过去经验的基础上发展起来的，经过逐渐改进，反复实践，目前已形成一整套与故道自然条件及苹果生长结果规律相适应的修剪制度和方法。例如：故道推广的“基部三主枝疏散分层形”，就是老区推广的树形。但它是在故道新的生产环境中自然形成的，不受老区各种经验框框的限制。例如，“轻剪”就是对老区修剪偏重的修正，这对提高和发展我国果树科学技术水平是有一定贡献的。

修剪是苹果综合性栽培技术中的一项重要措施，它的主要任务是调节果树的生长和结果。虽然从植株整体的调节来说，修剪必须和其他措施如施肥、灌水等配合应用，才能起到更好的作用，但是对局部枝条来说，则只能利用修剪来加以调节。例如，在促使苹果提早结果的过程中，个别枝条的开花结果，就意味着整个植株的发育进程已结束幼龄阶段而开始进入结果时期。由此可见，在局部和整体的统一过程中，对于局部器官来说，修剪起了其他一般措施所不能起的作用。

旺长（疯长）是故道苹果生长的一个突出问题，由于生长偏旺而影响结果，所以，控制旺长和调节苹果树生长与结果的关系是故道果树修剪的主要任务和主要特点。

（1）什么叫旺长　旺长的具体表现是生长量大、生长快，其原因是：故道光、热、水资源优越；生长季长；沙质土壤通气良好，为果树根系迅速生长与养分、水分的吸收

创造了条件。

生长量大，首先表现在因生长期长而造成年生长量大，即新梢长度大。故道的新梢生长通常有三个时期，即春梢、夏梢和秋梢。春梢主要在4月中到5月上旬，夏梢主要在6月底、7月初到8月中的雨季，秋梢从8月下旬到9月底。由于树龄大小、树势的强弱和当年的气候条件、管理好坏的差异，其表现也不同。当年5～6月水分充足，生长旺，春夏梢的分界就不明显。

生长量大和第二个表现是外围发育枝多。主要因为树冠向四周扩张的同时，其分枝是以几何级数成倍增长。当所有新梢都发育成长枝时，就形成一个内膛郁闭的密不通风的树冠外围。生长量大的第三个表现是枝条粗度的增长量大。

生长量大与生长快虽然密切相关，但不是同一件事，生长快的表现和实质主要在于生长积累的作用。

（2）旺长影响结果　主要有两个方面，一是生长旺影响花芽形成，二是新梢的旺长加重了落花落果（生理落果）。

（3）旺长不结果树的修剪法　故道苹果的生长结果表现，并没有背离苹果一般生长、结果的生物学特性，和其他地区所不同的是生活节奏和表现的程度比较强烈，特别是生长积累的速度在累进作用的影响下显得格外突出，因而在采取措施时必须要求更为严格。

故道苹果修剪的主要经验如下：

①疏枝长放。长放主要是对幼树生产量大、生长势强的一种适应。这种方法是根据故道地区的自然条件和苹果生长表现，而形成发展起来的。开始是在1959年故道调查时，发现很多不修剪的幼树由于无意中保留了腋花芽而提早结果，因而建议利用腋花芽作为提早结果的一项措施。1961年春又提出“轻剪为主，轻重结合”的修剪原则，并提出长放保留腋花芽结果的措施。

此外，长放的枝条，由于长放缓和了枝条的生长势，因而在长枝上形成很多短枝，特别是发育成熟的饱满芽，最易转化为花芽，第二年结果，有的成为中间枝，第二年转化为花芽，第三年结果。从此长放枝条已不局限于已形成腋花芽的长枝，而主要在于培养生长长度，不影响骨干枝生长的辅养枝，长放的目的在于促进花芽的形成。

长放对于生长旺盛的幼树，对于生长中的枝条，是完全适合的，有利于促进花芽的形成。但如果不加选择一律都放，就会造成树冠紊乱、内膛空虚；如无限制的长放，没有回缩，就会使枝条见长，生长势逐渐削弱，以致花芽不能形成，或者隔年结果，或者花芽不健全，落花落果严重，果实品质下降。因此要有放有缩，长放是为了分散长势，以便形成花芽，回缩是集中力量，以利于结果。

“疏枝长放”最初叫“轻剪长放”，剪能促进生长，促进分枝，局部更加明显。疏对整体影响比较大，有利花芽形成，促进结果，所以幼树的疏枝以长放为主。

在故道地区，利用夏季修剪，促进分枝，增加分枝级数，加速植株的发育进程，再利用扭梢、疵芽剪芽措施，同样可以达到早结果，早丰产的目的，且有树体结构紧凑，结果均匀，品质优良的好处，也可适当采用。

②明确骨架。　开张主枝角度和配备枝组是故道地区培养良好树体结构、克服旺长不结果的重要环节。

50年代的苹果树，绝大多数是不修剪的，或者以短截为主，造成大枝过多，主从不分，树冠密闭，内膛开始秃裸，结果外移。1963年冬提出去大枝，整顿树体结构的建议，并在树龄较大的仪封和泛区进行修剪（去大枝）试验。根据两个场的反应，去大枝后，全场总产翻了一番，仪封场产量由原来的100多万公斤，增加到200多万公斤。

在去大枝的同时，不动小枝，以促进内膛小枝的滋生和繁茂，同时也为了地上、地下部的平衡。

③克服先端优势，防止内秃外移。内秃外移的形成是由于外围过强、内膛过弱造成的。在苹果树的幼龄和结果两个主要时期，保持内外平衡是果树修剪的主要任务之一。如前所述，故道苹果旺长的主要表现是生长量大，而生长量大在累进作用影响下的生长速度，由于先端优势而显得特别尖锐。因此，必须从小树开始，采取一系列措施，其中包括：(a)开张主枝角度，从幼树开始保持在60—70°之间，以平衡先端和基部的生长势。(b)中央领导干弯曲上升，5个主枝，最多6个，基部每主枝两个侧枝，这是骨架。层次分明，冠径不超过5米，以保证内膛通风透光。(c)控制先端，多疏枝，保持一定量的延长枝头，保证内膛充实，防止外移。

④骨干枝和小侧枝（辅养枝）明确分工，区别对待。故道苹果树生长快、成形早、结果早。在苹果树结构中，只有两类枝条。对乔化树来说，骨干枝仍要求坚强牢固，起骨架作用。小侧枝生长缓和，小枝应多，主要是促进花芽形成，提早结果。因此，应根据它们的性质和要求，采取不同的处理和修剪方法。

⑤夏季修剪。欧洲有句谚语："夏季修剪结果，冬季修剪长树"。在利用局部枝条转化结果中，夏季修剪具有特殊意义和作用。

苹果起源于比较干燥、冷凉的地区。虽然它是以两年形成的晚熟顶花芽结果为主，但实际上，还有很多早熟芽，这种芽的发育周期短，因而在生长期长的故道地区，一年可以完成2个、3个、甚至3个以上发育周期，在自然界看到的腋花芽，一年多次生长，一次、二次副梢，都是芽早熟性的表现。夏季修剪正是利用了苹果芽的早熟性，促进当年形成花芽。其方法有摘心、扭梢、秋季短截、环剥等等。

⑥更新修剪。故道苹果进入丰年期的时间比较早，如砀山果园场（45）园(120亩)，第10年生时平均亩产为1166.7公斤，11年生时为1250公斤，到12年生时为3125公斤。果树生命活动越是旺盛，如幼树期的旺盛生长和丰产期的大量结果等，就越是需要修剪来加以调节和控制。如果说幼树期间，修剪的任务主要在于控制生长，促进和转化结果的话，那么丰产期修剪的主要任务应是结果枝组的更新修剪，只有不断的更新，果树各器官才能长期保持旺盛的生命活动，并保证果品的优质丰产。

3.今后的展望

黄河故道地区苹果发展从50年代初期试栽开始，至今已有35年。从50年代末、60年代初大发展到现在也已27～28年。30年来的生产和科学实践，积累了一定的苹果暖地栽培的经验，同时也弄清了故道苹果栽培技术上的主要问题和今后进一步发展的方向。

（1）故道发展果树的基本经验，是在生长季节较长高温多雨的气候条件下利用沙荒，发展果品生产，增加经济收入，提高人民生活水平。沙荒变绿洲，既改善了生态环境，建立了良性的农业生产结构，同时也改变了整个地区的人民生活和社会面貌。

（2）果树的发展不但改变了这一地区的树种组成，同时也为苹果南移和暖地栽培

积累了丰富的科学资料和经验。

①解决暖地苹果的栽培，不是单一的温度问题，也不是单一水的问题，需要研究的是各种因子的综合影响。对于每个单一因子来说，也无不具有两重性，既有有利的方面，也有不利的方面。例如：生长季多雨，无疑对作物需水有利，但刺激植物旺长却是不利的。因此，在加强土壤管理，在保水蓄水和充分利用雨水的同时，及时排除多余的水分，才能扬长避短取得良好的效果。又例如沙土瘠薄，保水力差，但沙土通气、排水好。同时沙土热容量小，昼夜温差大，9月以后达到10°C以上，果品质量就有明显的提高。如“六五”期间葡萄攻关课题研究中为解决增加糖度（达到14度以上）问题，提出“最佳采收期”的方法，就是在保证产量损失最小的前提下，延迟采收时期的极限，即与故道气候特点有关。

②故道生长期长，春季回暖早而且温度迅速上升，因而早熟品种熟期比北方老区要提早半月到一个月时间，而且果实硬度低，风味较好，这对于全国市场，特别是北方市场的早市供应，具有较强优势。

③故道有沙碱薄地2000余万亩，发展苹果的潜力很大。故道位于我国人口最集中地区的中间，东有津浦路，西有京广线，东西有陇海路横贯中央，交通发达，为果品运销国内外，提供了极为有利的条件。

（3）故道苹果发展毕竟时间很短，经验不足，尚存在许多问题有待解决，其中最主要的是：

①平均单产低。如前所述，故道大面积丰产典型，亩产达到1000～2000公斤的不在少数，但故道全区150万亩，总产20万吨，即亩产不到150公斤，目前也只是在250～300公斤／亩左右，如果平均亩产达到1000公斤，则故道150万亩（按1981年当时苹果面积计算）总产就可以达到150万吨，潜力是很大的，只要增加单产一项，产量就可以翻两番以上，而产值的增长，比起产量增加的意义要大得多。

②果品质量差。质量差不但影响产值，同样也影响产量。造成单产低和果品质量差的原因，主要有三个方面：(a)品种不好，产量低，质量差；(b)管理粗放，措施失当，例如，氮肥过多，配合失调，缺微量元素，病虫危害，以及修剪粗放等；(c)由于采收和采后果品处理不当，造成次果率增加。为此必须提高栽培管理水平，把果园管理制度建立起来。

（4）矮化密植，优质丰产，是当今果树现代化栽培的标志，苹果矮化栽培在国内从50年代引种英国M系营养砧开始，到60年代在故道首先试验，70年代初在全国发展。由于故道气候条件比较适宜，新区发展也比较快，矮化砧对于旺长又有所抑制，而且结果好，所以发展较快。到70年代后期和80年代初，短枝型的利用发展迅速，使全国矮化果园的面积达到50万亩左右。

矮化密植果园投产早、早丰产、管理方便，有利于机械化和集约经营，今后应加强配套技术的研究，大力推广良种、良砧、培养良苗，广泛宣传苹果矮化栽培的技术经验。

第三节　葡萄优良品种与栽培技术

一、概　述

葡萄是世界主要水果之一，在果树生产中一直占有重要位置。葡萄营养价值高，在浆果中，含有丰富的葡萄糖和果糖（10～30%），水分占65～88%，有机酸占0.5～1.4%，蛋白质占0.15～0.9%，钾、磷、钙、铁占0.3～0.5%，并含有多种维生素。葡萄不仅是酿酒的主要原料，而且也是鲜食佳品，还可以制汁、制干、制罐等，深受人们所喜爱。

葡萄对气候、土壤具有广泛的适应性，目前世界葡萄栽培面积1460万公顷，产量6563.3万吨，居所有果树之首。

栽培葡萄最早发源地是地中海沿岸，大约在5000～7000年以前，在苏联南高加索及中亚细亚、叙利亚、伊拉克等地开始栽培，以后传至埃及、希腊。3000年前希腊葡萄栽培已极兴盛，并开始沿地中海向西传播到意大利、法国、西班牙等。目前葡萄栽培已遍及五大洲，但95%的面积集中于欧洲。栽培面积最多的国家是西班牙、苏联、意大利和法国，均在100万公顷以上，其总和占世界葡萄栽培面积的一半。产量最高的国家是意大利、苏联、土耳其、西班牙、美国、法国、阿根廷，这7个国家的总产量占世界葡萄总产量的三分之二以上。这些国家不仅是葡萄酒的生产国，而且也是鲜食葡萄生产国。

虽然我国葡萄栽培已有2000多年的历史，但发展较慢，与葡萄生产先进国家比，相差很远。葡萄栽培面积约60万亩，产量23万余吨，每年人均消费葡萄酒量只有0.13升。近几年来，随着人民生活水平的提高，对葡萄酒、鲜食葡萄的需求量越来越大，这就促使葡萄生产要有一个大幅度的增长，满足人民对葡萄酒和鲜食葡萄的需求。

根据我国自然条件、栽培特点和生产发展的方向，大致可分为7个葡萄栽培区，黄河故道地区就是其中之一，是作为重点发展酿酒葡萄品种的基地，面积达20万亩左右。

黄淮海地区属于暖温带，气候条件及土壤条件均适宜葡萄栽培，是有发展前途的地区。有利条件是：生育期长，早、中、晚熟品种都可完全成熟。如极早熟品种—莎巴珍珠，6月底～7月初即可上市。极晚熟品种10月上中旬可完全成熟。

本地区种植葡萄最优越的条件是，葡萄植株冬季不防寒或少防寒，既省工又省料，降低了管理成本。

各省市均有葡萄酒厂，有的酒厂酿制的葡萄酒已获得了国家优质产品奖。

综合以上情况，黄淮海地区是发展葡萄的良好基地。

近年来黄河故道地区葡萄种植发展较快，但优良葡萄品种占的比例较小，这是当前大面积发展葡萄生产中的主要问题，随着人民生活水平的提高，对鲜食葡萄及葡萄酒的质量要求越来越高。发展趋势是：鲜食葡萄品种要求果粒大、色泽鲜艳、品质优、产量高、抗性强，早、中、晚熟的品种，更偏向于早熟品种。酿酒葡萄品种要求产量高、酒质优、抗性强的品种。葡萄生产者通过生产的实践，认识到发展葡萄生产，品种占第一位，是提高经济效益的主要因素。

中国农科院郑州果树所建所以来，“葡萄品种资源研究”课题，一直是部、院重点

项目，“葡萄种质资源圃”被农业部确定为“国家葡萄种质资源圃”，已收集到900多份材料，对引入的葡萄品种进行了多年的研究与观察，不断筛选出优良葡萄品种。经过几年试验筛选出适合黄河故道地区栽培的鲜食、酿酒、制汁的优良葡萄品种向生产单位推广，并研究出加速繁殖技术，现介绍如下。

二、优良葡萄品种

1.鲜食葡萄品种

（1）郑州早红　欧亚种，此品种是中国农科院郑州果树所于1962年以玫瑰香为母本，莎巴珍珠为父本杂交培育而成的早熟生食新品种。一年生成熟枝条褐色，两性花。果穗大，平均穗重573.6克，最大穗重达785.0克，穗长23.5厘米，穗宽15.0厘米，双歧肩圆锥形，有时具有副穗，果粒着生紧密度中等或疏松。果粒中等大，平均粒重3.16克，近圆形，紫红色，果皮厚，果粉中等厚，肉软多汁，甜酸适度，稍有玫瑰香味，可溶性固形物16.2%，含糖量15.46%，含酸量0.608%，每果粒含种子1～3粒，种子与果肉易分离。品质上。

农业生物学特性：树势中等，结实力强，结果枝占芽眼总数的86%，每个结果枝上多数两个果穗，结实系数1.82，隐芽萌发力、隐芽结实力均强，副芽结实力强，副梢结实力中等。产量高而稳定，进入结果期早，果实遇雨易感炭疽病。新梢成熟良好。

物候期：4月初萌芽，5月上旬开花，7月中、下旬果实成熟。

栽培技术要点：产量高而稳定，但负载量过大时易得“水缺病”。喜肥水，对肥水反应敏感，宜采用中短梢修剪的方法。

（2）绯　红　属于欧亚种，原产美国。一年生成熟枝条黄褐色，带有褐色条纹，两性花。果穗中等大，平均穗重364.2克，圆锥形，具有副穗，较整齐，果粒着生疏松。果粒较大，平均粒重6.36克，椭圆形，玫瑰红色，果皮中等厚、果粉薄，肉脆、多汁，有香味，可溶性固形物13.5%，含酸量0.482%，每果粒含有种子1～2粒，种子与果肉易于分离，品质中上。

农业生物学特性：植株生长势中等，结果枝占芽眼总数58.02%，结实力1.769，副芽结实力强，隐芽萌发力中等，隐芽结实力中，产量中等，抗病性较强，抗寒性较弱。

物候期：4月上旬萌芽，5月中旬开花，7月中旬果实完全成熟，为早熟生食品种。

栽培技术要点：为使果粒着生整齐，外观美，需要加强肥水管理。根据各地冬季低温的情况，需要埋土防寒，以保护植株安全越冬。

（3）巨　峰　原产于日本，属于欧美杂种。

本品种是由日本人大井上康于1937年用大粒康拜尔为母本，森田尼为父本杂交培育而成。四倍体品种。一年生成熟枝条红褐色。两性花。果穗中等大，平均穗重332.8克，圆锥形，果粒着生疏松、果粒大，平均重7.26克，椭圆形，紫红色，果粉厚、果皮中等厚。果肉软、多汁，味甜、有草莓香味。皮与果肉，果肉与种子均易分离。含糖量15.8%，含酸量0.525%，每果粒含种子1～2粒，品质中上。

农业生物学特性：树势强，结果枝占芽眼总数的5.71%，每结果枝上着生1～2穗果，多数为2穗果，结实力强，结实系数为1.60。副梢结实力中等。产量中，抗性较强。

物候期：4月上旬萌芽，5月中旬开花，8月上中旬果实完全成熟。为晚熟生食品

种。

栽培技术要点：树势强，适合棚架、篱架栽培，可采用长、中、短梢相结合的修剪方法，加强肥水管理，提高座果率，增加产量。同时注意花序及座果后的修整（疏花疏果）。

（4）红富士　原产于日本，属于欧美杂种。

本品种由日本人井川氏用金玫瑰作母本，黑潮作父本杂交培育而成。1977年引入我国。一年生成熟枝条深褐色。两性花。果穗较大，平均穗重552.2克，圆锥形、整齐、果粒着生中等紧密。果粒大、平均粒重6.14克，倒卵圆形，暗红色，果皮厚，果粉中等厚，肉软多汁，草莓香味浓郁，含糖量18.07%，含酸量0.568%，每果粒含种子2～3粒，种子大，褐色，种与果肉易于分离，品质上。

农业生物学特性：树势强。结果枝占芽眼总数的67.41%，每果枝着生1～2穗果。结实力中等，结实系数为1.3738，多年生蔓隐芽萌发力弱，结实力弱，副芽结实力中等，副梢结实力中等，二次果在郑州附近可以成熟，产量较高，四年生树亩产可达1500公斤，抗性较强。

物候期：4月上旬萌芽，5月中旬开花，8月下旬～9月上旬果实完全成熟。为晚熟优良生食品种

栽培技术要点：与巨峰相同。

（5）黑奥林　原产于日本，属于欧美杂种。

本品种是用巨峰作母本，巨鲸作父本杂交培育而成。1977年引入我国。一年生成熟枝条褐色。两性花。果穗较大，平均穗重522.3克，圆锥形，整齐。果粒大，平均粒重9.103克，椭圆形，紫红色，果皮厚，果粉中等厚，肉软多汁，甜酸适度，有草莓香味，可溶性固形物15%，含酸量0.479%，每果粒含有种子2～3粒，较大，灰褐色，种子与果肉易于分离。品质中上。

农业生物学特性：树势强。结果枝占芽眼总数的68.71%，每果枝上着生1～2穗果，结实力中等。结实系数为1.4409。多年生蔓的隐芽萌发力中等，结实力弱，副芽结实力强，副梢结实力中等。产量较高，抗性强。

物候期：4月上旬萌芽，5月上中旬开花，8月中下旬果实完全成熟，为晚熟生食品种。

栽培技术要点：与巨峰相同。

（6）大　宝　欧美杂种，原产日本。一年生成熟枝条红褐色，有褐色条纹。两性花。

本品种果穗较大，平均穗重537.9克，圆锥圆柱形带副穗，整齐。果粒着生紧密，果粒大，平均粒重8.28克，椭圆形，完全成熟为紫红色，果皮厚，果粉中等厚，有肉瓤，多汁，具有草莓香味，可溶性固形物16%，含酸量0.88%，每果粒含种子2～4粒，青褐色，种子大。品质中上。

农业生物学特性：树势强，结果枝占芽眼总数的69.49%，结实力中等，结实系数1.76，副梢结实力较强，隐芽萌发力、结实力均中等，副梢结实力弱，抗性强，产量较高。

物候期：4月上旬萌芽，5月中旬开花，10月上旬果实完全成熟。为极晚熟生食品种。

栽培技术要点：适应性强，栽培管理容易，适合棚篱架栽培。最好棚架，可采取以长梢为主，结合中、短梢修剪方法。该品种宜在生长季节长的地区栽培。

除以上品种外，目前，生产上还有龙宝、红瑞宝、先锋等表现也很好。龙宝的座果率超过红富士、巨峰等品种，是优良的晚熟鲜食品种。

（7）白　香　蕉　属于欧美杂种。一年生成熟枝条褐色，上面有一层灰白色粉。两性花。

本品种果穗大，平均穗重522克，圆锥圆柱形或圆锥形，整齐，果粒着生紧密。果粒中等大，平均粒重4.72克，椭圆形，黄绿色，果皮中等厚，果粉中等厚，有肉瓤，多汁，有草莓香味，可溶性固形物15%，含酸量0.76%，每果粒含种子1～3粒，种子与果肉易分离。品质上。

农业生物学特性：树势中等，结果枝占芽眼总数75.33%，每结果枝着生1～3个果穗，多为两穗，平均着生1.81个果穗，结实系数为1.81。

物候期：4月上旬开始萌芽，5月上中旬开始开花，8月中下旬果实完全成熟。7月中旬新梢开始成熟。为晚熟生食、制汁品种

抗性强、产量高，在一般管理条件下，亩产可达1500公斤左右。

栽培技术要点：适应性强，产量高，但采收时要及时，因成熟后易落粒，可采用长、中、短梢混合修剪方法。

2.酿　酒　品　种

（1）格列那什　原产西班牙，属于欧亚种。一年生成熟枝条褐色。两性花。

本品种果穗中等偏小，平均穗重229.6克，圆锥圆柱形，整齐、紧密，果粒中等大，平均粒重2.50克，果粒圆形，玫瑰红色，有时着色不好，果皮中等厚，果粉中等厚，肉软、汁中等多，有香味，可溶性固形物15.0%，含酸量0.663%。出汁率62.5%。种子中等大，浅褐色，每果粒含有种子1～3粒，以2粒最多，种子与果肉易分离。

农业生物学特性：生长势中等，结果枝占芽眼总数的41.3%，结实系数为1.95，每个结果枝上着生1～3穗果，多为3穗，平均2.34穗，副芽结实力较强。

物候期：4月上旬萌芽，5月中旬开花，7月底～8月初果实完全成熟，为早中熟的酿制白葡萄酒品种。

抗性较强，产量中等，在一般管理条件下亩产可达1000公斤左右。

酒质：酒色呈微黄色或近无色，果汁澄清，果香突出，协调幽雅，酒香良好，口味醇和细微，余味绵延，滋味很好。酒质稳定。

栽培技术要点：生长势中等偏弱，可以适当密植。加强肥水管理，提高品质及产量。

(2)瓦吉斯别里·尔卡齐杰里　原产苏联，属于欧亚种。一年生成熟枝条褐色，上有一层白粉。两性花。果穗中等大，平均穗重379.7克，圆柱形穗，整齐，果粒着生紧密，果粒中等偏小，平均粒重2.43克，椭圆形，浅玫瑰红色，果皮薄，果粉中等厚。肉软多汁，可溶性固形物18.18%，含酸量0.73%，每果粒含种子2～3粒，种子中等大，褐色，种子与果肉不易分离，出汁率65.9%。

农业生物学特性：树势中等，幼龄树，尤其是苗期，树势强，结果枝占芽眼总数的55.9%，结实系数1.728，副梢结实力中等，隐芽萌发力强，结实力中等。

物候期：4月上旬萌芽，5月中旬开花，8月下旬果实完全成熟，为晚熟优良酿酒品种。

抗性强、产量较高，5年生树亩产可达2250公斤左右。

酒质：酒色呈浅黄色，有良好的果香，原酒贮存多年，清香良好，柔和爽口，酒体丰满，回味长，酒质优良。

栽培技术要点：生长势中等，直立性较强，可以适当密植，可采中梢，结合短梢修剪方法，提高产量。

（3）白谢希　原产阿尔巴尼亚，属于欧亚种。一年成熟枝条棕褐色。两性花。

本品种果穗大，平均穗重为486.6克，最大穗重达800克，穗形整齐，圆锥形，果粒着生紧密，果粒中等大，平均粒重3.80克，近圆形，绿黄色，肉软多汁，果皮中等厚，果粉中等厚，稍有青草味，可溶性固形物16.0%，含酸量0.923%，出汁率68.9%，每个果粒含种子1～4粒，种子与果肉易于分离。

农业生物学性状：生长势较强，结果枝占芽眼总数的63.54%，每个结果枝着生1～3个果穗，结实系数为1.66，副梢结实力较强，隐芽萌发力和结实力均强。

物候期：4月上旬萌芽，5月中旬开花，8月下旬～9月上旬果实完全成熟。

抗性较强，产量高，成龄树亩产可达到2250公斤左右。

酒质：酒色近无色或微黄色，具有清晰幽雅的果香，酒香浓郁，滋味醇正，柔细爽口，回味绵延，酒体丰满，酒质稳定，是酿制白葡萄酒的优良品种。

栽培技术要点：生长势较强，适宜篱架或棚架栽培，可采用中梢，结合长、短梢修剪的方法。注意加强肥水管理，果实达到完全成熟时进行采收，提高含糖量。

（4）法国兰　原产奥地利，属于欧亚种。一年生成熟枝条褐色。两性花。

本品种果穗中等大，平均穗重239.8克，双歧肩圆锥形，有的果穗具副穗。整齐，果粒着生中等紧密，果粒中等偏小，平均粒重2.42克，圆形，黑紫色，果皮厚，果粉厚，肉软汁中等多，可溶性固形物16.5%，含酸量1.02%，出汁率68%，每果粒含种子1～4粒，种子中等大，灰褐色，种子与果肉易分离。

农业生物学特性：植株生长势中庸。结果枝占芽眼总数的80%，每结果枝着生1～2个果穗，多为2穗，平均着生1.7个果穗，结实力强，结实系数为1.57。

物候期：4月上中旬发芽，5月中旬开花，8月上旬果实完全成熟，为中晚熟品种。

抗性较强，产量中等，亩产可达1250公斤左右，

酒质：葡萄酒色泽艳丽，呈宝石红色，酒香浓、滋味醇和怡雅，酒体协调，回味绵延，酒质好，是一个酿制干红、甜红葡萄酒的优良品种。

栽培技术要点：生长势中庸，适宜篱架栽培，宜采用长、中、短梢相结合的修剪方法。加强肥水管理，提高产量。

（5）黑佳酿　本品种是中国农科院郑州果树所于1962年以赛必尔2号作母本，佳利酿作父本杂交培育而成。一年生成熟枝条褐色。两性花。

本品种果穗中等大，平均穗重251.0克，果粒着生紧密、较小，平均粒重1.58克，圆形，果粒大小均匀，蓝黑色，果皮中等厚，果粉厚，肉软、多汁、果汁为红色，可溶性固形物18.0%，含酸量为1.06%，每果粒含有种子1～3粒，种子与果肉易于分离，出汁

率为70%。

生物学特性：植株生长势较强。结果枝占芽眼总数的90%左右，每结果枝着生1～3穗果，多为2穗，平均为1.90个果穗，结实力强。

物候期：4月上旬萌芽，5月中旬开花，8月中旬果实完全成熟，为晚熟酿酒品种。

抗性强，产量高，一般管理条件下，亩产可达1500公斤左右。

酒质：酿制的葡萄酒为深宝石红色，具有品种的芳香和酒香，味浓，酒体肥硕、丰满，回味长，有典型风格。黑佳酿适合酿制红葡萄酒，并可作为调色品种。

栽培技术要点：生长势较强，宜采用中梢为主，长、中、短梢相结合的修剪方法，适应性强，在一般管理条件下，可以获得高产量。

三、综合快速繁殖法

当前，葡萄生产发展很快，优良品种的种条或苗木满足不了生产者的需要，经过研究与实践，综合快速繁殖法需要种条少，繁殖系数高，经济效益大，并且方法容易掌握，是葡萄良种加速繁殖的好方法。

此方法可在改造老园、更换新品种的同时进行苗木繁殖，一芽繁殖30～40株，并可做到当年嫁接，当年成形，第二年获得一定产量。

步骤：硬枝嫁接-压条及绿枝嫁接（利用硬枝嫁接未成活的植株萌发出的根蘖苗再进行绿枝嫁接）-压条。

嫁接及压条的时间：硬枝嫁接为2月～4月上旬，绿枝嫁接为4月底～6月上旬（一般在日平均温度20°C以上，一日温度不能超过35°C），此时间的温度适宜愈伤组织形成。压条在7月～8月。

具体方法：一般利用需要更换新的品种的植株（树龄不限）作砧木，用一年生成熟枝条作接穗进行嫁接。

首先将砧木距地面10厘米左右处锯掉或剪截，嫁接部位距地面愈近愈好，选择光滑的一边，从切面中间纵切一刀，长达3厘米左右，然后将选好的接穗剪取一芽，在芽下两侧削成长度相等、光滑的斜面，将此接穗插入砧木切口的一侧，将接穗与砧木的形成层对准，视砧木的粗细，一砧木可嫁接1～3个接穗，接后用塑料条或麻等物绑紧，注意不要把切面绑严，以免植株流出的液体积在切口内，致使接穗与砧木不易愈合，最后用湿土覆盖，厚度超过接穗5～10厘米，切忌接穗露出土面。嫁接前需对嫁接树灌透水，以利于愈合。

这种嫁接方法，易成活，由于根系大，成活后生长迅速，进行大量压条同时，还可利用一次梢当年成形。

如嫁接植株未成活，就可利用此砧木发出的根蘖苗作砧木，待根蘖苗半木质化后，选取与砧木同样粗细的半木质化的优良品种的新梢作接穗进行嫁接（此接穗就可选用硬枝嫁接成活的植株的新梢）。这种方法称为绿枝嫁接。具体操作是将选用的砧木从距地面15～20厘米处剪截，从切面的中间纵切一刀，长约2～3厘米，然后将准备好的接穗剪取一芽，刚刚萌动的芽眼（夏芽）最好，在芽下的两侧削成长度相等的斜面约2～3厘米，插入中间，使砧木与接穗的形成层对准，用1厘米宽的塑料条从下往上绑扎，只露出接穗的芽眼即可，注意接穗上部剪口一定绑严，以免水分蒸发，造成干枯死亡。嫁接

后一星期左右可看出成活与否，成活后，当新梢长至1米左右时摘心，促使副梢萌发，待副梢下部半木质化时进行压条或利用副梢整形。

压条方法：根据植株生长情况及需要量进行压条。首先按照新梢生长的方向挖沟，深度为15～20厘米，每沟内施少量的半速效性的有机肥料与土拌匀，然后将半木质化的新梢压入沟中，副梢直立于沟中进行堵土，根据副梢木质化的程度和长度，逐步培土至全部把沟填平为止。

植株管理：硬枝嫁接成活后，将砧木发出的根蘖苗全部除掉，注意不要把土扒掉，以免碰坏刚刚接活的嫩芽或被晒死。绿枝嫁接成活后，从砧木发出的副梢全部除掉，以免影响接芽的萌发与生长。嫁接口完全愈合好后，可解除绑扎物。其他管理与一般苗圃相同。

第四节　罐藏桃优良品种与栽培技术

黄淮海地区是我国主要的桃树经济栽培地区之一。这个地区的自然地理气候条件，对桃树生长极为适宜，并在长期生产实践中，形成了一整套适于当地的管理体系。桃树多栽植在沙壤土、土层深厚、排水良好的地段，树体生长旺盛，产量较高，与高温多雨的南方桃产区相比，病虫害少，毋需套袋。

黄淮海地区品种资源丰富，除应有计划地发展极早熟和晚熟生食品种供应京津两大城市外，其他地区亦应建立鲜食桃的商品基地，满足人们对鲜果的需要。还应恢复和发展各地的名特品种，如肥城佛桃，琛州魁桃等，调整品种组成，增加早、晚熟品种，延长供应季节。

近年来随着食品工业的发展和对外贸易的需要，以黄桃加工品种为主的罐藏桃品种发展很快，黄淮海地区适于黄桃栽培。根据多年观测结果，这个地区的黄桃，果实多为大果型，色泽橙黄，肉质细韧，为加工的优质原料；通过几年来的生产对比观察和试验，已筛选出适于黄淮海地区发展的优良加工品种，应充分发挥黄淮海地区适于罐藏桃生产的优势，加强黄桃生产，以提高国际市场的竞争力，为增加生产，提高外销能力，做出贡献。

1.丰　黄

丰黄桃是大连市农科所用早生黄金自然杂交种选育而成。1972年引入郑州试种。经多年观察和推广于生产，表现良好。丰产能力强，加工利用率高，罐头成品质量优良，是一个较为优良的中早熟罐藏黄桃新品种。

在郑州地区一般萌芽期为3月9日，始花期4月2日，果实成熟期7月15日。果实发育期为102天，生育期为235天。不同年份因气候的差异，物候表现有所不同。

该品种树势中庸，树姿开张，4年生树高达260厘米，副梢发生能力中等。长果枝占总枝数的32.7%，中果枝占18.3%，短果枝占19.0%，花束状结果枝占12.0%。长果枝上叶花芽比为1：1.5，单复花芽比为1：1.9，花芽主要分布在第5～20节上，平均节长2.0厘米。

叶片较大，叶色绿有光泽，质地硬，叶脉不甚平展，叶腺肾形，2～4个。落叶期在一般品种中较早（10月31日左右）。

花为大花型，粉红色，花粉量较多。自花授粉着果率23.6%，自然授粉着果率38.9%。3年生即进入结果期，4年生平均株产9.18公斤，最高株产23.50公斤。主干单位截面积产果量219.96克／厘米²。5年生树每亩可生产1500～1750公斤。

果实椭圆形（6.5×6.0×60厘米），两半部较对称，果顶尖圆，平均单果重127.0克。果皮橙黄色，着紫红色晕，占果面的60%。茸毛中等多，皮中等厚，韧度中等，难剥离。一般室温下可贮放4～5天。果肉橙黄色，成熟度稍高时有红色素，近核处少有红色。肉厚1.9～2.0厘米。属不溶质型，较细。汁液中等多，可溶性固形物10.7%，pH值为3.5，风味酸甜有香气。经果实营养成分分析，其总糖7.485克／100克，总酸0.748克／100克、维生素C11.44毫克／100克。粘核，核长椭圆形。肉核比为17：1。

该品种罐藏加工性能优良。耐煮性强，不易产生毛边和软烂现象，预煮后果片近圆形，各部分软硬一致。加工利用率为66.7%。罐头成品色泽橙黄一致，有光泽，相当于色卡8，肉中等厚。7110型罐可装6片。质地细致，柔软适度，风味酸甜可口，有香气。在加工上，因其核较长，挖核不如圆形果容易，特别是果实采收成熟度高时，红色素严重，且果顶变软，影响成品质量。一般要求在8成熟时采收，如能后熟2天，色香味均佳。

在栽培上，因其树姿开张性强，干可适当定高些，一般40厘米左右。由于其幼树以长果枝结果为主，冬剪时对结果枝应适当留长些，结合夏季摘心、短截，可培养良好的结果枝。注意在进入盛果期后要及时回缩，双枝更新和单枝更新结合使用，配合适量的水肥和植保措施，可创每亩2000公斤产量水平。

丰黄桃已成为我国糖水黄桃罐头生产的主要品种之一，适应性较广，以辽宁、江苏、浙江、安徽、四川、河南等省发展面积较大。

2.罐　桃　5　号

罐桃5号是日本育成的罐藏黄桃品种。1974年引入我国。分别在山东、河南、河北、江苏、浙江、四川等地试种，表现良好。

在郑州地区一般萌芽期为3月9日，始花期4月2日，果实成熟期7月22日。果实发育期为110天，生育期为256天，不同年份有所不同。

该品种树势较强健，4年生树高3.10米，冠幅3.40×3.40米。副梢发生能力中等。长果枝占总枝数的19.9%，中果枝占36.1%，短果枝占13.4%，花束状结果枝占19.0%。长果枝上叶花芽比为1：1.8，单复花芽比为1：1.9，花芽主要分布在8～23节上，平均节长2.3厘米。

叶片较大，长宽为1.21×3.5厘米，叶色浓绿有光泽，叶片微皱，叶腺肾形，通常2个。落叶期较晚，一般在11月20日左右。

花为大花型、粉红色，花粉量较多，自花授粉着果率12.7%，自然授粉着果率24.3%，生理落果较重。4年生平均株产8.07公斤，最高株产14.3公斤，主干单位截面积产果量为155.32克／厘米²。产量中等，5～6年生树每亩可生产1000～1250公斤。有采前落果现象，要注意分期采收。

果实近圆形（6.7×6.7×6.8厘米），较对称，果顶圆平，平均单果重150.0克。果皮橙黄色，着紫红色晕，占果面的70%。茸毛较密，皮较厚，韧度中等，不能剥离，室温下可贮放5～6天。果肉橙黄色，近核处无红色，成熟度高时果顶部有少量红色素。肉

厚2.3～2.5厘米，属不溶质，较细，汁液中等多。风味酸甜有香气，可溶性固形物10.8%。经果实营养成分分析，其总糖9.453克／100克，总酸0.486克／100克，维生素C16.72毫克／100克。粘核，核卵圆形，重9克，肉核比为16.7：1。

该品种罐藏加工性能优良。耐煮性强，在含0.1%的柠檬酸沸水中煮15分钟无毛边和软烂现象。果片圆形，较肥厚。采收成熟度偏低时，果梗部稍带青色。加工利用率61.9%。罐头成品色泽橙黄，有光泽，相当于色卡7，质地细致柔韧，风味酸甜可口，有香气。7110型罐可装6片。

在栽培上要注意开张角度，以达到早期丰产。因其着果率偏低，生理落果较多，所以冬剪时要适当多留些花芽。

罐桃5号是我国目前黄桃罐头生产的中熟品种之一，在农业和加工业性状上表现较好，各地可根据品种组成适量发展。

3.金童五号

1978年由保加利亚引入郑州，于1980年定植。参加品种比较试验，通过连续几年观察和加工制罐，该品种表现了良好的栽培适应性和优良的加工性能。在北京，成都、山东等地区反映良好。

该品种树势中强，半开张，二次枝抽发能力中等，长果枝和短果枝占23.8%，单复花芽比例为1：1，花芽主要分布在5～13节和17～22节，平均节长为2.3厘米。自然授粉着果率为23%，5年生树平均株产39.4公斤，最高株产85.25公斤。生产能力635.52克／厘米^2，花为小型花，花粉量大，花粉发芽力71.8%。

果实7月下旬成熟，发育期110天。果实近圆形（6.59×6.72×6.64厘米），平均单果重162.5克，最大290克。顶部圆，顶端微尖，两半部对称，缝合线浅，果实外观好，底部橙黄。阳面着暗红色晕，占果面70%，果肉橙黄色。近核处稍有红色。肉厚2.0～2.2厘米，肉质为干溶质，稍松疏，纤维少，汁液中等。风味酸甜，有香气。可溶性固形物11～12%，总糖9.4%，总酸0.5%，维生素C14.96毫克／100克。粘核。

经过连续4年的罐藏加工试验，其耐煮性强，利用率高，罐头成品块形大，圆整肥厚，光泽好。质柔软，风味酸甜可口，有香气。

在栽培管理上，前期要注意开张角度，进入盛果期后要适量疏果，以保证果实质量。

该品种果大圆整，加工性能优良，亦可鲜食，丰产，可做为优良的中熟制罐品种大量发展。

4.金童6号

1978年由保加利亚引入郑州，通过几年的观察，该品种在产量、品质、加工适应性等方面，都表现良好，是一个良好的中熟制罐品种。

该品种树势中强。半开张，花为小花型，花粉量大，自然授粉着果率为37.3%，5年生树平均株产77.5公斤，最高株产可达100公斤。

果实8月上旬成熟，发育期112天。果圆形稍扁，果顶圆平(6.40×6.69×6.65厘米)，平均单果重160克，最大195克，两半部对称，缝合线浅，果皮底色金黄，着暗红色晕，占果面的80%，皮不能剥离，果肉橙黄色，属不溶质，近核处无红色，肉厚2.0厘米，汁液少，风味酸甜适中，有香气，可溶性固形物10～13%，总糖10.44%，总酸0.408%，

维生素C11.08毫克／100克。粘核。

经过连续几年的罐藏加工试验，其耐煮性强，利用率高，操作方便，罐头成品圆整肥厚，色卡8.5，光泽好，肉较韧，酸甜适口，香味浓。

栽培管理容易，注意适量疏果。

该品种果实圆整，加工利用率高，罐头色泽橙黄，香气浓，极丰产，是一个优良的中熟制罐品种，可大量发展。

5.金 童 7 号

1978年由保加利亚引入郑州。通过几年的观察，该品种的丰产性、加工适应性表现较好，是一个较晚熟的制罐品种。

该品种树势强健，半开张，花为小型花，花粉量大，自然授粉着果率为42.9%，5年生树平均株产48.1公斤，最高株产77.5公斤。

果实8月中旬成熟，发育期127天，果实近圆—椭圆形（7.20×6.85×7.10厘米）。平均单果重170克，最大200克。顶部圆，有小突尖，两半部对称，缝合线中明显，果实底部橙黄，外观较好。着暗红色晕和间断条纹，占果面50%，茸毛多，皮不能剥离。果肉橙黄色，近核处无红色肉质，稍硬，为不溶质。肉厚2.0～2.2厘米，汁液少，风味酸甜，有香气，可溶性固形物11～13%，总糖8.619%，总酸0.58%，维生素C16.72毫克／100克。粘核。

经几年罐藏加工试验，其加工性能优良，罐头成品色艳，味佳。

在栽培技术上，要加强管理。注意防治病虫害，防止果实流胶。

该品种果大，外观美，加工性能优良，亦可鲜食，丰产性好，是一个优良的晚熟制罐品种。在土壤粘重和雨水多的地方应加强病虫害防治。

6.金 童 9 号

1978年由保加利亚引入郑州，通过几年的观察，该品种加工性能良好，成熟期晚，可延长加工期，是一个优良的晚熟罐用黄桃品种。

该品种树势中强，半开张，花为大花型，有花粉，产量较高，5年生树平均株产9.35公斤，最高株产59.75公斤。

果实8月末成熟，果实发育期为139天，果实近圆形（6.29×6.48×6.49厘米），平均单果重143克，最大180克，果顶圆平，两半部对称，缝合线浅。果皮橙黄色，阳面着玫瑰红色晕，占果面的30%，兼有细点。皮不能剥离。果肉黄色——橙黄色。近核处微有红色，不溶质，汁液较少，风味酸甜适中，可溶性固形物10～12%，粘核。

该品种耐煮性强，罐头成品色泽橙黄，有光泽，质柔软，风味酸甜适口，有香气。

该品种栽培管理容易，需适量疏果。

该品种成熟晚，可延长加工期，加工性能良好。可作为晚熟品种在生产上应用。

7.明 星

是日本培育的罐用黄桃品种。

该品种树势强健，半开张，二次枝抽发能力强。单复花芽比例为1：1，花芽主要分布在6～18节，平均节长为2.78厘米，自然授粉着果率39.4%，自花授粉着果率20.5%。5年生树平均株产47.4公斤，最高株产85.1公斤。生产能力为537.33克／厘米^2。

花为小花型，花粉量大，花粉发芽率56.7%。

果实8月初成熟，发育期109天，果实近圆形（6.86×6.74×7.00厘米），果顶圆。两半部对称，平均单果重174克，最大可达252克，缝合线明显、浅，果皮底色橙黄，着暗红色晕，占果面的50%左右。果肉橙黄色，近核处无红色。肉厚2.0～2.2厘米，为不溶质，纤维少，汁液中等，风味酸甜有香气。可溶性固形物10～12%，总糖8.648%，总酸0.512%，维生素C11.44毫克／100克。粘核。

经过连续几年的小型试验和中型试验，该品种各项加工性能表现优良，罐头成品块形，圆整，肉细柔软，风味浓。

在栽培管理上，要注意前期疏果，并注意结果枝的配备和更新复出。

该品种果大圆整，加工性能优良，丰产性好。可做为中晚熟品种大量发展。

第十五章　主要农作物病虫害和防治

第一节　建国以来主要病虫发生为害的演变

由于农业生产的迅速发展，农业生态系统发生了深刻的变化，如耕作制度的改变、作物品种的不断更新、灌溉面积的扩大、土壤的改良、施肥的增加等；另外一个特点是在党的领导下，对农作物主要病虫害，有组织地进行防治，特别是化学农药的大量施用等，所有这些因素都对病虫害的发生流行和数量变动，产生很大的影响，许多病虫发生规律有相应的变化。过去历史上一些严重病虫害，有的已控制为害，如飞蝗、麦类黑穗病、小麦线虫病等；有些次要种类则上升为重要问题；有的则几次起伏，不断猖獗。回顾和总结本区主要病虫种类发生为害的演变历史，对今后的研究工作和拟订综合防治规划无疑是有益的。

麦类黑穗病是旧中国麦类生产的重要病害，以小麦腥黑穗为例，朱凤美对1352县的麦粒抽样检查，结果其中443个县均有此病，6298份样品中，带病率为13.8%。建国初期山东省调查有86个县发生腥黑穗病，最高发病率达80%以上，据1950年对68个县市的统计发病面积为39万亩，减产近2000万公斤。河北省和苏北等地段也是腥黑穗的主要发生区域。不难看出，仅腥黑穗一种病害，即给小麦生产带来巨大灾难。小麦秆黑粉病，是本区域中另一种发生普遍的病害，据华北农科所在河北省中部20多个县调查，一般病田的病株率为10%，重者达30～80%。河南省的洛阳、许昌、开封、商丘、驻马店等地区发病严重，安阳，新乡西部也较普遍，豫东连年发病面积达几十万亩，发病株率多在20～40%，苏北、皖北的病情与豫东近似。据朱凤美报道，解放前，小麦线虫病估计每年造成2.5亿公斤小麦减收。1953年的直接调查，京、津两市及河北省的36个县，以定县最重，据对一个病区的9个村588块地实查，病田率在90%以上，病田平均病株率为8.3%，秋播时对98个村的7965户农民的麦种作检验，100%带有小麦粒线虫虫瘿，麦种的平均含瘿率为2%。在重病区，最高的含瘿率为44.5%，平均达13.6%。苏北的徐州地区，发病也很严重，建国前发病率高达15～50%。1953年在河北省定县粮食局和98个村，用清除机集中处理小麦33万公斤，清除的虫瘿重量为789公斤，由此也可见病害之严重性。

小麦条锈病，是黄淮海麦区的重大病害，解放前连年流行，如建国初的1950年条锈病在全国大流行，当年减产小麦60亿公斤，1964年又在以黄淮海为主的较大区域流行，受害面积达1.2亿亩，仅北方七省市即减产10多亿公斤。

1965年以后，各有关方面进一步组织植保、育种学者参加的学科间的协作，科研与推广及与良种繁育等部门间密切配合，在不长的时间内，全国各主要麦区迅速推广了许多抗锈病的优良品种，使过去为害猖獗的条锈病，在全国范围内初步得到控制，改变了被动局面，小麦产量逐步提高。对小麦条锈病害的有力控制，是我国植保工作的一重大成

就。甘薯黑斑病自30年代传入我国后，在甘薯种植区蔓延迅速，导致产区均有发生，损失很大。根据其传播特点，结合各地实践经验，逐步研究出一整套以培育无病壮苗为中心，安全贮藏为保证的防治技术，收效很大。在育苗期采用种薯消毒，包括温水浸种，药剂浸种等措施，同时用高温育苗法，促使早出苗，控制病害在苗床上的发展。薯苗用药剂浸泡消毒或高剪苗，并推行轮作，减少土中含菌量。建立无病留种地，高温大屋窖贮藏，运用一系列措施之后，黑斑病已逐步减少。

由于近年农作物品种布局改变，提高了农田施肥量，改善了栽培条件，许多大田作物长势、密度均有所变化，随之而来的使一些原来不严重的病害有新发展。例如小麦叶锈病过去很少造成严重为害，70年代推广的小麦品种大多高抗条锈病，均不能兼抗叶锈病，因此在山东、河北、河南几度流行，减产量不亚于条锈病。小麦产量随着肥水改善大幅度提高，麦田一般较茂密，生育期显著比过去有所推迟，这些生态条件的变化，有利于白粉病的发展。纹枯病原在长江流域较多，现在山东、河南等省均较严重。据农业部植保总站的不完全统计，白粉病一般年为害2～4千万亩，1981、1982两年受害达到6千万亩；又据河南省农业厅统计，该省1983年发病达2千万亩，估计仅此一病损失小麦5亿公斤。据测定，受白粉病为害的小麦，千粒重一般下降4～14克，重病田能减少20克以上。

小麦纹枯病，是残株及土传病害，冬麦播种过早、密植不通风、冬前苗期过旺、徒长以及早春冻害，均有利于发病，在现在推广的品种中，含有阿夫血缘的如郑引1号等品种常发病较重。由于上述情况黄淮麦区纹枯病近10年有所发展，一般田病株率为10～30%，重病田可达70%，有的发病早的田块，拔节至抽穗期病株大量死亡，能抽穗的结实率低，千粒重下降，这一新发展起的病害，已日益引起重视。近年小麦赤霉病又在本区广泛发生，造成一定损失。

棉花黄、枯萎病，由于检疫制度贯彻不力，随棉花种子的调进，日渐扩展到新病区；又由于没有对病区采取有效的控制，病田本身病害也日渐严重，加之近年在黄淮棉区大量推广了不抗病的品种，进一步造成这种病害的发展，1985年以来大力压缩鲁棉一号，推广抗病的86-1等品种，使病情有所缓解。

东亚飞蝗是我国历史上的一大害虫，从周末、春秋时代起，到新中国成立前的2600多年中，蝗灾发生达800余次，平均每2～3年就有一次大发生，蝗虫迁飞时遮天蔽日，漫天遍野，大面积的作物被吃光。东亚飞蝗主要发生在河北、河南、山东、安徽和江苏五省，这与黄淮海平原旱涝灾害有密切关系，形成水、旱、蝗灾交错发生，成为历史上这一地区最严重的自然灾害。蝗区涉及170余个县，常年发生面积为1000～1500万亩，大发生时可扩展到3000～4000万亩。

解放初期，1951～1952年全国蝗虫发生仍很严重，发生范围达到8个省（市、区），但在党和政府的领导下，仅10余年即控制了蝗虫的为害，过去的蝗区已经基本得到改造，建国以来所取得的“改治并举，根除蝗害”的成就，是一伟大的成果。

地下害虫主要有蝼蛄、蛴螬和金针虫三大类，黄淮海地区是全国地下害虫猖獗发生区。建国初期，以蝼蛄发生最为严重，秋季小麦常因受害，播种两次才能保住全苗。50年代随着六六六的研制成功，大力开展药剂防治，至60年代末，地下害虫发生的情况是：蝼蛄已得到基本控制，金针虫在局部发生还很严重，唯蛴螬则普遍发生，并有上升发展的趋势，成为地下害虫中的首要问题。虫口密度很大，造成严重危害，以小麦、花生、大豆

等受害最重，有的田块花生收获时，蛴螬数量多于花生荚果，有的豆田因缺苗严重而毁种。据河南省许昌地区农科所报导，该区50年代的蝼蛄密度约为2～3头／平方米，到1976年已下降到0.12头／平方米；金针虫的密度50年代为3～5头／平方米，1976年下降为0.78头／平方米；而蛴螬密度显著上升，1969年在郾城县严重地块调查平均为23.7头／平方米，最高达40头／平方米。1976年全地区14个县、市调查，蛴螬发生占害虫数的84.7%，而蝼蛄和金针虫只占15.3%，蛴螬成为地下害虫防治中的主要对象。分析地下害虫发生演变的特点为：①蛴螬为害仍居首位，在黄淮海平原仍有严重为害区，对粮食(小麦、薯类)和油料作物（花生、大豆）、林木苗圃、蔬菜、药用植物和绿地草坪的危害不容忽视；②金针虫发生趋势值得重视。1983年河南省在35个重点县调查，密度上升的有24个县；1983年在豫北、冀南调查，有的秋播麦田受细胞金针虫危害率为25～80%，严重田块毁种，有的田块密度高达14000余头／亩。有的地方金针虫数量占地下害虫总数的94.5%。由此看来，金针虫成为一些地方的潜在性威胁；③蝼蛄等为害情况有所改变，地膜覆盖技术推广后，有些地方反映，由于土温的提高，蝼蛄等活动期提早，为害也较重。蝼蛄的为害虽已显著压低，但仍有严重地段（块），尚需注意。

小麦吸浆虫是小麦生产上毁灭性大害虫。黄淮海地区主要发生在河南、安徽、江苏三省沿河平原低湿地区，猖獗年份小麦减产四、五成，个别地区甚至达到八九成。土壤中虫口密度，一立方市尺土中有数十、数百乃至数千头，为害十分严重。

从1951年开始各地探索防治试验，经过深入研究创造出六六六土壤处理控制吸浆虫的有效方法，1959年大面积推广土壤处理3323万亩，至1960年我国吸浆虫已基本得到控制。

由于放松了对吸浆虫的监视和防治，1972年吸浆虫出现了回升信号，至80年代危害有逐年加重的趋势，如河南、安微等地发生面积较大，虫口密度，一般每小方(25平方寸，即10×10×20厘米）土中有5～10头，多的有600～1000余头。回升的原因：①水利条件改善，轮灌期缩短，土壤含水量高，为吸浆虫出土提供了有利条件；②小麦品种的变化，感虫品种推广种植，有利吸浆虫的发生；③1970年以后，忽略了监视，吸浆虫出土前后，几乎未采取任何防治措施，特别是六六六土壤处理日益缩小，六六六停产、停用后又缺乏有效取代土壤处理的农药，因而吸浆虫又严重回升，现已蔓延到河北省中部地区。

棉蚜在棉区普遍发生，在50年代，一般为害期在6月底前基本停止。60年代以来，单株棉花虫量增加，为害期早而重，发生期长达3～5个月。70年代开始，出现“伏蚜”严重危害，成为棉花前、中期的主要害虫。棉蚜逐年严重的原因据分析认为：①长时期单纯使用农药防治，棉蚜抗性不断增加，如河南新产棉区自1957年开始应用1059治蚜，到1971年十五年间棉蚜对1059的抗性增加了45倍；②由于水肥条件的改善，棉花生长旺盛，营养丰富，促进了棉蚜的增殖，使蚜害加重；③棉蚜适应高温能力增强，因而伏蚜严重；④大量施用农药，大量杀伤天敌，也促使棉蚜猖獗。

棉铃虫的为害普遍有加重趋势，如河北省成安县调查，1953年棉铃虫发生为害面积占棉田总面积为25%，1958年发展到57.1%，1970年则蔓延到全部棉田，百株卵重和幼虫量1973年比1958年增加13.2倍和29.5倍。1970～1972年三年连续大发生，造成棉花严重减产，棉铃虫猖獗发生的原因，主要与栽培条件的改善、食料的丰富以及大量使用农药等有很大关系。

旱粮害虫如玉米螟是黄淮海地区旱粮上的重要害虫，其发生为害的程度，主要受世代、气候、天敌和耕作制度的影响，特别是随着农业生产的发展和耕作制度的改革，生态环境发生了变化，使玉米螟的发生为害发生了很大变化。如北京郊区是玉米螟2～3代发生区，由于麦田套种玉米面积增大后，在玉米打苞抽雄期。正好遇上第二代螟虫发生盛期，穗期则受到严重为害，影响产量很大；又如在河北、河南等地，凡变春播为夏播，压缩春播玉米、高粱、谷子种植面积的地方，第一代螟害普遍减轻，也抑制了二、三代螟虫的发生。反之，如春播玉米等面积大，第一代螟虫有充裕的食料，可进行大量繁殖，如夏播玉米面积小，使螟虫集中严重危害，河南1974年调查，豫西玉米受害率在40%左右，百株有虫只数10头，豫东玉米植株几乎全部受害，百株有虫数百至上千头。

又如河北省衡水地区，50年代因旱、涝、盐、碱等自然灾害频繁，加之耕作粗放，当地谷田多种甲虫如谷子鳞斑叶甲、网目拟地甲等曾严重为害，后因兴修水利，改土治碱，普遍进行精耕细作，基本消灭了甲虫类的危害。

再如黄淮地区的豆天蛾和甘薯天蛾，60年代甘薯天蛾危害极为严重，以后随着农业生产结构的调整，甘薯面积已显著压缩，甘薯天蛾的发生也明显降低。豆天蛾则情况不同，过去虽常年发生，只有少数田块，严重受害，但近年因夏大豆面积的扩大，加之其他条件适宜，1982～1984年连续大发生，虫口密度之大，为多年所罕见。如1983年安徽宿县地区测报站观测，全世代蛾量为8966头，比1982年多6403头，田间调查一般百株(大豆)有卵42～77.9粒，最高达440粒（宿县测报站材料），幼虫平均百株有虫47.5头，最高为133头，属特大发生年，不少田块豆叶被吃光，大豆成荚率减少46.1～74.1%，减产20～30%。

第二节　主要病虫害的发生规律与防治

早在50年代中国农业科学院植保所(包括前华北农业科学研究所)，即针对黄淮海区主要病虫开展科学研究工作，并建立若干基点，进行系统观测，取得大量成果，在生产上广泛应用，为控制病虫为害，保证农业丰收，做出贡献，现仅就主要病虫情况分述如下。

一、小麦锈病

条锈病是这一区域重要病害，历史上曾多次流行。60年代后由于正确贯彻以品种为主，药剂为辅的策略，已受到控制。但是条锈菌生理小种多变，在全国范围内要不断地培养新的抗病品种，有计划地更迭布局，否则一旦失控仍可能造成较大为害。

秆锈病菌主要在东南沿海高温早熟麦区越冬，春季随气温的上升，菌源逐渐由南向北传至苏、皖、冀、鲁，最后传到东北春麦区。能在西南高海拔晚熟冬、春麦上越夏。由于近年华南麦区的栽培制度有所改变，品种又与黄淮、东北不同，在黄淮海区域已多年未流行。

叶锈病菌能耐较高温度，它能在各地平原地带麦田自生麦、场边路旁自生麦上越夏。因此各地的早播或特早播种的冬小麦与靠村边、场院麦秸垛近的地块病重，发生也早。秋苗阶段小麦受叶锈病的侵染率高于秆、条锈病。已感染叶锈的麦苗，只要不冻死不枯，

叶锈即能顺利越冬，在华北4月越冬枯叶上的叶锈菌仍具有发芽力。越冬病叶经过春季扩展，造成较普遍发病。有的年份，春季气温上升早，或黄淮南部，常年春季气温较高，叶锈的流行期长，发病就重。

1.小麦条锈病的流行规律

条锈病菌在我国形成较复杂的年循环，经过中国农科院植保所组织全国有关省、区多年研究，明确了它的流行规律。

条锈病包括越夏、秋季侵染冬小麦苗、越冬、春季流行四个阶段，它的越夏区已知有华北、新疆、西北和西南四个地带，华北越夏区与黄淮相邻，但该区属不稳定越夏区，对华北的威胁不大。根据多年研究，对黄淮海地域关系最密的越夏菌是属西北越夏区的陇东、陇南一带。西南、新疆两区对黄淮尚无资料证实有直接影响。

构成越夏区的条件是：当地存在晚熟冬、春小麦，或自生麦，夏季最热一旬气温在20°C以下，具备这些条件的地区条锈菌在活着的麦子上越夏，并成为当地、邻近地区早播冬小麦的初始菌源。越夏菌源直接影响当地及毗邻早播冬小麦，形成菌源地带，向外围或随气流向远程传播。因此黄淮麦区秋苗期间即可发生条锈病，并能顺利越冬，造成春季流行。在条锈的流行传播方面，植保所等许多单位，进行长期的大量的工作，同时对确定防治策略，品种抗性的应用与布局，病菌新生理小种的传播流行等，提供了重要数据。

2.条锈菌的生理小种

从防治策略上看，大范围内推广和普及抗病品种，是行之有效的防治小麦锈病的良策，国内外的经验早已得到证实。但品种的抗条锈性，常随着条锈菌生理小种组成的不同而发生变异。中国农科院植保所汪可宁、洪锡午等从50年代起即着手研究我国小麦条锈菌生理小种，根据大量鉴定结果，进一步证明国际应用的一套鉴别寄主，不能反应我国小麦条锈菌的变异实际情况，并确定了我国自己的一套鉴别寄主共9个品种，这套寄主随着推广品种的多样化，和国内小种种群的变化已逐渐修订，现在应用的是Trigo Eureka水源11、洛夫林13等16个品种组成的鉴别寄主。

用以上的鉴别寄主对我国不同时期小麦条锈菌标样监测，能反映当时小种致病力特点及变异动态，这些结果为进一步研究我国条锈病菌新小种的产生、累积、传播，以及针对小种的分布及流行预测，指导品种布局，抗源的利用等方面均起到一定作用。

到目前30年来已先后定名28个主要生理小种，其在鉴别寄主上的模式反应见表15-1。

条锈菌生理小种的组成不同时期有很大差别，其群体的变化与小麦品种类型和布局的改变有密切联系，而小种的变化又是品种丧失抗锈性的主要原因。我国条锈菌生理小种在1956～1962年以条中1号占居优势。1963～1966年10号小种逐渐升起，到1964年跃居首位。1963年又发现了13号小种，1972～1977年上叙诸小种均下降至极少量，代之而起的是条中17、18、19、20等小种，当时17号是黄淮地区的优势小种，1975年以后19号逐渐上升，由于17、18、19等号的流行使阿勃、北京8号、丰产3号、泰山1号、4号等品种先后丧失抗性。1977～1979年条中19号一直占居首位，在各地它出现的频率为80～90%，1980年确定了条中22～25四个小种，1984年又新定26～28三个小种。25号小种致病范围广，对80年代初期的推广品种大多能致病，包括含有黑麦血缘的st2422／464的后代，高8、

表15-1　几个条锈菌生理小种在鉴别寄主上的反应模式

反应 小种类型 鉴别寄主	1号	8号	10号	13号	17号	18号	19号	20号	21号	22号 (洋4)	23号 (19-1)	24号 (19-3)	25号 (19-4)	26号 (19-2)	27号 (82-1)	28号 (洛10类型)
Trigo Eureka	抗	抗	抗	感 感	感—抗	抗	抗—感	抗	抗—感	感	感	感—抗	感—抗	感—抗	感	感
Fulhard	抗	感	感	感	感	抗	感	感	感	感	感	感	感	感	感	感
碧蚂一号	感	抗	感	抗—感	感	感	感	感	感	感	感	感	感	—	—	—
S trubes Dickkopf	抗	抗	抗	感	抗—感	抗	抗—感	抗	抗—感	抗—感	—	—	—	—	—	—
保春128	感	抗	抗	抗	抗	感	感	抗	感	感	感	感	感	感	感	感
西北丰收	感	抗	感	抗—感	感	感	感	感	感	感	感	感	感	—	—	—
西北54	感	抗	感	抗	感	感	感	感	感	感	感	感	感	—	—	—
玉　皮	抗	感	感	感	感	感	感	感	感	感	感	感	感	—	—	—
南大2419	抗	抗	抗	感	感—抗	抗—感	感—抗	感	感—抗	感—抗	感	感	感	抗	感	感
甘肃96	抗	感	感	感	感	感	感	抗	感	感	感	感	感	—	—	—
丹麦1号	抗	抗	抗	抗	抗	感	感	抗	感	感—抗	感	抗	感—抗	感	感	感
丰产3号	抗	抗	抗	抗	抗—感	抗—感	感	感	感	感	感	感	感	感	感	感
北京8号	感—抗	抗	抗—感	抗	感	感	感	感	感	感	感	感	感	—	—	—
阿　　夫	抗	抗	抗	抗—感	抗	抗—感	感—抗	感	感—抗	抗—感	感	感	感—抗	感	感	感
尤皮2号	抗	抗	抗	抗	抗	抗	抗	抗	感	感	抗	抗	抗	抗	感	抗
阿　勃	抗	抗	抗	感	感—抗	感	感	抗	感	感	感	感	感	感	感	感
小丹尼	抗	抗	抗	感	感	感	感	抗	感	感	—	—	—	—	—	—
维　尔	抗	抗	抗	抗	抗	抗	抗	抗	抗	抗	抗	抗	感	抗	感	感
金大2905	感	感	抗	抗—感	抗	抗	感—抗	抗	感—抗	抗	—	—	—	—	—	—
早　洋	抗	抗	抗	感	感	抗—感	感	抗	感	感	感	感	感	感	感	感
欧　柔	抗	抗	抗	感	感—抗	抗	抗—感	抗	抗—感	感—抗	—	—	—	—	—	—
抗引655	—	—	—	—	抗	抗	抗	抗	抗	感	抗	抗	抗	抗	感	抗
洛夫林13					抗	抗	抗		抗	抗	抗	抗	抗	抗	抗	抗
洛夫林10					抗	抗	抗		抗	抗	抗	抗	抗	抗	抗	抗
水源11					抗	抗	抗		抗	抗	抗	抗	抗	抗	抗	抗
中　四					抗	抗	抗		抗	抗	抗	抗	抗	抗	抗	抗

1983起减去西北丰收、西北34、北京8号、碧蚂1号、玉皮、甘肃96、泰山1号、增加水源11、中四

郑州761等重要推广种。26号对小偃5、6、宝丰7228、冀麦9号、徐州2111等正在推广的良种致病力强，华北中北部地区的许多品种对这一小种是抵抗的。27号，高感泰山17023等重要生产品种，似25号，同时能感染含尤皮Ⅱ号血缘的品种，又有22号的特点。条中28号，1983年发现，在常温下（15.4°C）能感染洛夫林10、18和山前麦，阿芙乐尔、高加索PKBL-16等主要抗源品种，对NS-2722，肯贵阿1号，也有强致病性，对推广种中的丰抗3号、15号、京双15、京花1号、综抗矮2号等也均有强致病力。这一批新小种是值得注意的类型，近年小种组成的变化见表15-2和15-3。

表15-2　1980-1984年我国小麦条锈菌生理小种主要类型消长情况

年份	鉴定标样数	17	18	19	21	22	23	24	25	26 (19-2)	27 (82-1)	28 (洛10型)
1980	921	1.5	1.3	2.7	7.6	2.3	27.5	18.5	18.8	10.7		
1981	787	0.64	0.25	0.51	1.52	5.72	24.78	5.21	42.06	5.85		
1982	1624	0.74	0.62	1.97	2.77	7.39	16.13	2.03	44.21	7.20	2.71	
1983	1925	0.26	0.57	1.66	2.96	15.84	13.14	1.04	32.99	9.09	12.83	
1984	1648	0.91	0.42	2.12	1.88	8.68	12.68	0.49	31.25	24.64	5.58	4.94

（根据全国小麦条锈病菌生理鉴定协作小组1980、1981资料，及"植物保护"1984.2，1985.2发表材料）

表15-3　1983、1984年几个主要小种在黄淮及有关邻省出现频率

（《植物保护》1985.2）

省或地域	年份	鉴定标样数	22号	23号	25号	26号	27号
黄淮区及东部麦区	1983	370	7.30	13.24	52.70	0.54	18.38
	1984	371	1.26	16.72	59.31	9.78	2.52
陕西	1983	516	22.72	18.83	22.72	13.20	11.84
	1984	296	9.12	13.51	24.32	38.18	7.43

通过对生理小种的研究，分析证实我国黄淮海主要麦产区，新小种的发生，来源于西部，亦即首先产生于越夏区，次第外传，积累后，传到广大冬麦区造成危害。

3.小麦叶锈菌的生理小种

黄淮海地区小麦的叶锈病是70年代以来的新问题，根据研究，冬小麦播种越早，感病越重。当地越冬菌量的大小又是次年春季流行的基础。叶锈菌对于小麦品种有一定的致病专化性，病菌小种组成也很复杂，对叶锈的防治，同样需要广泛利用抗病品种，结合采用其他措施。

中国农科院植保所自1973年起正式开展小麦叶锈菌小种鉴定，首先找出了适合我国叶锈菌的鉴别寄主，它们是：白蚰包、泰山1号、4号、洛夫林10、6068、丰产3号、东方红3号、ⅠRN66-331、Redman等，1974～1978年共鉴定标样1237个，划分为11个类型（见表15-4）。叶中1、2、3三个小种是1977年协作单位研究确定为全国性小种，叶中1号的出现

表15-4　我国小麦叶锈菌一些小种类型在鉴别品种上的反应

鉴别品种 \ 反应型 \ 小种类型	叶中1号	叶中2号	叶中3号	植 1	植 3	植 5	植 6	植 7	植11	植13	山东A型（即植17）
白蚰包	R	S	S	S	S	S	S	S	S	R	S
东方红2号	S	S	S	S	S	S	S	S	R	R	R
丰产3号	S	S	S	S	S	S—R	S	R	R	R	R
6068	R	R	S	R	R	R	R	R	R	R	R
洛夫林10号	R	R	R	S	R	S	R	R	R	R	R
泰山4号	R	S—R	S	S	S	S—R	S	S	R—S	R	R
泰山1号	S	S	S	S	S	R	S	R	R	R	S
IRN66-331	R	R	S	S	S	S—R	S	R	R	R	S
Redman	R	R	S	S	S	R	S	S	R	R	R

频率最高，为49.6%，最低为44.5%，叶中2号为6.1～13.5%，叶中3号为11.5～24.7%植11为8.1～15%，这四小种为这一时期的主要小种。

叶中1号分布广，能感染农大155、166、阿夫系统，郑州3号、泰山1号、繁6、繁7等重要推广品种。此后，对1978年发现的山东A型作进一步研究，后定为植17，植17对山东、皖北、冀南、豫东等一带种植的泰山1号小麦品种有很强致病力，到1981年为止，先后在山东采集的593份标样，经测定，植17号达452个之多，占采自泰山1号品种上标样的85～92%。

近年中国农科院植保所在原定鉴别寄主的基础上，又补充了抗引655、2422／464、洛夫林13等八个品种，新兴起的小种是能使洛夫林10致病类型。1982年出现最多的为植20、21、16三个类型，1983年洛10类群在上升，占鉴定总标样数的37.4%。同时又发现植22、23等号。由于洛夫林等被广泛用作抗源，致病小种的发展，会对生产带来新威胁，因此需给以足够的重视。

4.小麦锈病的药剂防治

防治锈病的另一重要措施是利用有效的药剂。我国从建国之初即推广石灰硫磺合剂，以后陆续试验推广氟硅酸钠、氟化钠，氟钡剂等我国自己开发的药剂，同时还推广了对氨基苯磺酸及对氨基苯磺酸钠等药剂。70年代萎锈灵曾进行试验但未能推广应用。1970年美国Rohm and Hars 公司创制出新型杀菌剂RH-124，我国称为叶锈特，中国农科院植保所于1974～1978年在新乡及山东省进行试验，证实防治叶锈病有高效，内吸传导性强、残效长、防病保产效果好，用药量低，可作田间常规喷撒，使用量为50～100克／亩，显著优于敌锈钠，也可用作种子处理剂，能控制秋苗阶段叶锈病的为害。以种子重量0.03～0.035%（有效成份）湿拌效果为好。叶锈特还可随灌溉水施用。一般施药一次即可。

从研究结果可以说明叶锈特的防治效果超过以前各种药剂，尤其是作为种子处理防治苗期叶锈，从而减少了当地叶锈越冬菌源，达到控制春季流行为害的目的。这是防治锈病最佳方法，过去曾多方面努力未获成功，叶锈特为防治叶锈开辟了新途径。用叶锈特

拌种，保苗效果好，分蘖次生根、株高、绿的叶片数、干物重各项指标显著高于对照，对促使小苗苗壮有一定作用。湿拌0.04%药量，对田间小麦发芽基本无影响，超过此量易发生药害。如播种时墒情差也易发生药害。这种田块所用剂量以0.03%为宜。不足之处是此药仅对叶锈病有效，不能兼治其他病害。

随着杀菌剂的发展。三唑类型农药增多，中国农业科学院植保所从1977年重点研究西德Bayer公司的产品Bayleton(粉锈宁、三唑酮)，目前这一新药剂已在国内应用推广。

由于叶面喷药防治药效测定地区间无明显差异，故作为一种方法，可以在不同地区应用。有关粉锈宁的研究，大部在四川、甘肃、湖北等省试验示范，也组织了全国麦区的药效试验(包括黄淮海区在内)这些省都是常发区，或重病地带，因此这些地方应用有效，其它偶发区，中等病区应用有关防治办法也是有效的。

(1) 常规叶面喷雾

①据报道具有防锈性能的有20多个品种或化合物。选择其中较好的7个品种进行药效比较试验，1980年3月1日喷药，4月16日调查，结果，三唑酮用药量少，防病效果好，保产效果高。这是供试药剂种类中比较理想的杀菌剂品种。

②不喷药对照的剑叶病指在40～80%的10块试验地，以每亩7～20克用药量的效果较为显著。当对照病指是41.55～63.16%，则每亩21克用药量的防锈效果为96.4%，保产率为96.8～100%。另据试验结果，在对照病指较低(30%以下)的情况下，每亩用药量7～10克，平均防效在90%以上，病指压低在2%以下。

③用药时期：本试验结果还证明了三唑残效期长，在早春施用一次药剂就能起到控制成株期条锈病流行为害的作用。以3月1日施药（每亩用药14克）为例，从开始喷药至最后调查，经历46天和57天，平均防效为86.4～91.1%，比对照增产15.29～25.81%，表明该药剂的残效期在30天以上。据试验，在剑叶平均病指达8.1～8.4%的重病情况下，每亩施用10.5克药剂，平均病指从8.1%只增加到12.2%，而不施药对照区的病指从8.4%发展到40.9%，平均防效为86.4%，比对照增产16.8%。

(2) 拌种防病　拌种处理的用药量及方法：麦种需用拌种箱进行干拌，用药量按有效成分计，为种子重量的0.03%，即5000公斤麦种，用1.5公斤粉锈宁原药。

三唑酮拌种防治条锈病效果好，残效期长，例如播种后69天调查结果，防效多数都在90%以上，最低为82.6%，最高达99.5%，平均是91.9%。多年示范结果均属一致。这是由于压低了冬前菌量，从而控制了次年春季的条锈流行。用压低苗期发病、减轻春季病情及推迟春季暴发流行这三项作为衡量本措施防病效果的指标。

①压低苗期发病。经过几年在各地的大面积示范，证实苗期防效均达98%以上。

②减轻春季病情。三唑酮拌种的各个时期的控制效果均很显著，病情指数很低，随着时间推移，虽有下降，但幅度不大，前期效果可达90%，后期在大面积上仍能保持在50%以上。这是减轻损失的重要阶段。

③推迟春季流行期。用推迟暴发期的天数来表示，以病情指数50%为暴发期。拌种可推迟暴发期7.8～15.2～22.4天。

④保产效果。7年中在各地大面积示范，保产率为6～17.2%，相当于常规在穗期喷粉锈宁一次的实效。

粉锈宁作为拌种剂，用量按种子重量计为0.03%（有效成分），据试验示范数十万

亩。从未发生药害，只要按操作规程严格用量不会出问题。

从1979～1985年先后7年时间中国农科院植保所研究用粉锈宁拌种，防止小麦条锈病，这项技术可普遍适用于冬前阶段秋苗条锈发病率高的早播冬麦，常发区冬小麦以及与越夏区近邻的地段。把过去单纯用药剂防护的手段提高到以药剂控制早期菌量的新水平，不仅省药、省工，简便易行，从防治策略上和用药理论上也均有进展。

（3）早春铲除条锈病菌源，控制流行　在上项研究的基础上，近年河北省植保所、中国农业科学院植保所、农业部药检所、湖北植保站等单位，应用粉锈宁对条锈的铲除、治疗作用，在大面积上进行消灭春季菌源的研究。理论基础仍是减少菌源，达到控制流行，可用于易发区及偶发区（广大黄淮海麦区大多属此类型）的防病措施。方法是早春小麦返青至拔节期见病后再施药，零星发病点、中心病团，可以点片挑治，满天星式的病团，可以全田普治。配制成0.01%（有效成分）药液即可。如果查得细，没有漏治，喷药后，对越冬菌的铲除效果可达95%，能有效地控制后期条锈病的扩展，其防效与穗期全田普治（用粉锈宁8～10克／亩）相同。根据近年示范，每亩平均用粉锈宁仅1～3克（均为有效成分），在河北省100多万亩的示范区中，防病效果为75.3～91.0%，增产13.2～42.0%，经济效益1：21～35。

中国农业科学院植保所屠豫钦、魏苓等研制出我国特有的新杀菌剂氟硅酸和氟硅脲。这是利用磷肥厂的副产物回收加工成杀菌剂，因药源广，成本低，可以与高效药剂合配使用。

氟硅酸（脲）对锈病有两种作用，一是对夏孢子的直接杀伤，一是有一定的内吸治疗作用。在高湿高温地带宜在抽穗前使用。经10多年示范表明大面积的防效在70%以上，而每亩投资药费仅0.20元，远低于其他化学农药。防治始期，宜在普遍率（叶片）5%时进行，一般需防治2～3次，施药间隔期7天。

使用浓度：10%氟硅酸（脲）膏剂每亩每次用0.5公斤，40%氟硅酸晶粉，每亩每次用100～150克，喷药水量手动药械，春前40公斤，春后50～60公斤，机动药械低量弥雾，春前2.5～5公斤水，春后5～10公斤水。

二、小麦白粉病

白粉病70年代以后，在小麦主要产区日趋严重，据统计，近年发生为害的面积一般为4～6千万亩。

小麦白粉病菌专化性很强，可以分为大麦、小麦两个专化型，对于大、小麦不同品种又有不同的致病力，因此又可分为若干生理小种，各地区由于小麦品种组合不同，白粉病菌的小种类型也不相同。

1.流行规律

许多单位的研究肯定了小麦白粉病在冬麦区的北部、西部及南部能越冬和越夏，冬小麦秋苗的初侵染源来自三个方面：①病菌以子囊壳在病麦草上越夏，子囊孢子为初侵染源；②病菌以无性阶段在自生麦苗上侵染越夏；③分生孢子随气流自邻区吹来。从研究结果看，在夏季气温较低的山区，自生麦苗上的越夏白粉菌数量多，平原地区菌量相对低些，不同地区因气候条件子囊孢子在流行方面的作用有所差别，麦收后多雨的年份或地区，子囊孢子形成及释放早，直接传给小麦秋苗的机会就小，在半山丘陵区，往往有大

量自生麦，这些地区越夏初始菌量一般较多，秋播又早，发病较重。春季小麦生长前期气温回升早，有相应湿度，小麦生长中后期气温偏低，又有大量越冬菌源的条件下才能大流行，许多丘陵山区常具备以上条件，故流行频率较高。河南省农科院植保所的研究，证明小麦受白粉病危害之后损失较重，不同病情指数与产量呈负相关，小麦齐穗未灌浆期，病情指数每增加1，每亩产量可减少1.15公斤，损失率增加0.29%；千粒重减少0.056克，损失率增加0.1449%。

2.生理小种鉴定

1979年以后，中国农业科学院植保所等许多单位，开展了小麦白粉病生理小种鉴定工作，各自用本单位选定的鉴别寄主，确定了各自的主要的生理种以及优势种，同时利用这些小种对小麦品种资源、生产品种、杂交后代，作了大规模的鉴定，为生产上利用小麦品种抗性，提供了依据。1983年冬中国农业科学院植保所与从事本项研究的单位讨论确定了一套统一应用的全国鉴别寄主9个，它们是小密穗、泰山1号、阿夫、高加索、白免3号、肯贵阿1号、新疆白冬麦、C112633、Khapli，并统一了鉴定方法和标准，小种命名法采用J·Gilmour的双号八进制编号法。

3.药剂防治

我国近年许多单位应用粉锈宁作了大量研究和大面积示范及应用，明确在小麦齐穗期病叶率10%情况下，亩用药量为8～10克(有效成分)防治一次，效果显著，可增产1～2成。据河南省农科院植保所分析，小麦单产300～400公斤水平，亩投资1.2元。可挽回小麦45～60公斤，经济比值达到1.9～16.7%。据河北省植保所研究，粉锈宁对小麦白粉病除众所周知的内吸、传导治疗等作用外，并对病叶上外生的白粉病菌有很强的铲除作用，100ppm有效成分铲除效果为100%，同时还明确施药麦株对相邻未施药小麦，有一定的熏蒸作用。用0.3%种子重量粉锈宁拌种，在苗期能有效地控制白粉病的发生，在常年越夏菌源多的丘陵山区，可以大规模连续进行种子处理，这方面，河北省植保所也取得肯定的结果。目前，应用粉锈宁防治小麦白粉病，已在黄淮海广大麦区普遍推广，在各病区均取得明显经济效益。

三、小麦黄矮病

小麦黄矮病是黄淮地区小麦生产中的一个重要问题。河南商丘、开封、驻马店、洛阳、新乡和安阳；山东泰安；安徽宿县、阜阳；江苏徐州等地区都是小麦黄矮病的发生区域。1970、1973、1975和1980年河南省先后发生中度流行，造成小麦严重减产，损失粮食二成以上。

小麦黄矮病是由麦蚜传播的一种病毒病害。据1972～1978年测定，麦二叉蚜等和禾谷缢管蚜是小麦黄矮病毒的主要传毒介体，其中以麦二叉蚜最重要。其他昆虫不能传毒。种子、汁液摩擦和土壤也不能传播病毒。因此，调查麦蚜消长和传毒规律对于开展小麦黄矮病的综合防治是很重要的。

1.麦蚜与小麦黄矮病毒的越夏

麦蚜与小麦黄矮病毒的越夏规律已基本明确。每年小麦成熟前，由于寄主组织老化，麦二叉蚜逐渐产生有翅蚜飞离麦地，迁移到高粱、玉米及小麦田边的禾本科杂草如马唐、毛马唐、狗尾草、野谷草等幼嫩的小苗上，随后转移到节节麦、看麦娘、棒头草、

狗牙根、扁穗雀麦、鹅冠草和自生麦苗上。秋寄主有鹅冠草、金色狗尾草、画眉草、虎尾草和自生麦苗等。麦长管蚜主要迁移到禾本科杂草的穗部，主要寄主有白羊草、鹅冠草、野燕麦、雀麦、看麦娘及稗草、狗牙根、画眉草和水稻等。禾谷缢管蚜、玉米蚜主要在夏玉米上生活。9月底夏玉米收获时，苞叶内可见到大量的无翅蚜和有翅蚜，以后陆续转移到蟋蟀草、虎尾草、狗牙根和画眉草等寄主上取食。在炎热的夏季，麦二叉蚜和麦长管蚜的虫口密度大大下降，只能在湿润通风和凉爽的特殊环境条件，如大树下、水渠边、田埂及河堤旁较易找到。但均能在当地越夏。根据在室内对小麦黄矮病毒的寄主范围进行了研究，明确小麦黄矮病毒可随麦二叉蚜、麦长管蚜和禾谷缢蚜等昆虫介体传到白马牙玉米、甜玉米、燕麦草、雀麦、虎尾草、小画眉草、山羊草和金色狗尾草及雀麦等小麦黄矮病毒的越夏寄主上。也就是说，随着麦蚜从小麦迁飞到这些越夏寄主和自生麦苗取食时，就把小麦黄矮病毒传到这些寄主体内。秋季小麦出苗后麦蚜又纷纷从越夏寄主传到小麦苗上。

2.麦蚜与小麦黄矮病毒的越冬

据调查，麦二叉蚜多以成、若蚜在近地面处的麦叶和根际周围取食繁殖。麦长管蚜以成、若蚜在麦苗基部取食。禾谷缢管蚜则多在根际周围活动。小麦黄矮病毒就在小麦的根茎内生长，翌年小麦返青后，随着麦蚜的繁殖蔓延扩散，在田间可很清楚地看到从田边到地头的中心病株发展成一块一块的病株。严重流行年份，甚至全田发黄。小麦成熟前，因营养不良，产生大量的有翅蚜飞离麦地，完成其周年侵染循环。

3.麦蚜与小麦黄矮病流行的生态条件

流行生态条件习惯上称为发生流行规律。小麦与其他生物都生长在一个共同的生态环境中，麦蚜种类的变化、种群数量的增减、气候如温度光照和降雨量的变化及作物品种布局和栽培条件的变化，都会破坏原有平衡，从而导致小麦黄矮病的轻发生或大流行。因此为了控制平衡，创造不利于麦蚜和病毒发生发展的条件，揭示小麦黄矮病毒发生流行生态系中每个因素的相互关系，是搞好黄矮病综合防治的关键。

（1）气象条件　温度、光照和降雨量是直接影响寄主、麦蚜和小麦黄矮病毒三者之间能否保持相对稳定的主要因素。据在灵宝县的调查分析，1970年为大发生年，当时气候的总特点是冬春雨量少、气温高，头年7月份平均气温偏低，越夏蚜量高，10月气温偏高，冬季温暖，越冬虫量高，早春2～3月气温回升快，蚜虫活动早、繁殖快，利于小麦黄矮病毒在田间蔓延和扩散。轻发生年份，秋季与早春气温都偏低，冬季低温持续时间较长，麦蚜死亡率较高，小麦黄矮病不易流行。

（2）传毒介体　据1972～1984年的生物学接种测定，我国小麦黄矮病毒最有效的传毒介体是麦二叉蚜，这与世界上很多国家如美国、加拿大、澳大利亚、西欧等国都不同。在这些国家小麦黄矮病毒的有效传毒介体是长管蚜和禾谷缢管蚜。从两年实际发生情况调查，小麦黄矮病每一次流行都是在麦二叉蚜严重发生以后。因此，麦二叉蚜虫口密度的消长、自然带毒率的高低，是小麦黄矮病毒发生流行的重要因素。如1970、1973和1975年河南省洛阳地区小麦黄矮病的流行就是由于麦二叉蚜严重发生的结果。

（3）栽培条件　栽培条件如耕作制度、品种布局、播种期及土壤和肥水管理等也影响小麦黄矮病的流行。往往由于栽培制度的变化造成小麦黄矮病的流行。冬小麦播种愈早，麦蚜发生愈重，如麦蚜自然带毒率较高，则小麦黄矮病发生较重。据山东省农科

院植保所罗瑞梧调查，秋分麦有蚜株率53.6%，百株蚜量418头；寒露麦有蚜株率16%，百株蚜量46头；霜降麦有蚜株率5.0%，百株蚜量15头。因此，秋分至寒露间播种的小麦病害严重，寒露以后播种的小麦只零星发病。另据田调查，一般稀播地病重，长势差的病重，旱地重，水地轻，田边地头发病早而重和瘠薄地发病重。

4.麦蚜与小麦黄矮病的测报

如前所叙，麦蚜特别是麦二叉蚜的虫口密度、自然带毒率及影响麦蚜与小麦生长的气象条件是麦蚜与小麦黄矮病运行的主要因素。因此测报就是通过对麦蚜的消长和带毒率结合气象条件而进行的。

（1）秋苗前预测　小麦黄矮病是一种间歇性流行的病害，每隔几年可能大发生一次。所以为了改变防治的被动局面，秋苗预测是其主要的一步。从1981年起与河南省灵宝县等，协作开展秋苗预测调查，发现9月份自生麦苗及主要禾本科杂草上麦二叉蚜的虫口密度及自然带毒率、9月份内降雨量和10月份的温度是影响当年秋播麦苗地麦蚜与小麦黄矮病能否流行的主要因素，其发生程度与虫口密度、自然带毒率及10月份温度成正相关，与降雨量成负相关，降雨量愈大，麦蚜与小麦黄矮病发生愈轻。而且如9月份降雨量大、时间长，将推迟小麦播种期，不利于麦蚜与小麦黄矮病的发生与流行。

（2）中长期预报　据我们调查，冬前麦蚜的越冬基数尤其是麦二叉蚜的越冬基数、早春2月的温度及越冬前小麦发病早等是小麦返青后麦蚜与小麦黄矮病能否流行的关键因素。因此可根据麦蚜尤其是麦二叉蚜的成若蚜的越冬基数、冬前小麦田的发病率和翌年2月的温度预测翌年麦蚜与小麦黄矮病的发生趋势。

5.小麦黄矮病的综合防治

小麦黄矮病的防治策略是以治蚜防病为主、栽培及选育品种为辅的综合防治措施。

（1）治蚜防病

①药剂拌种：据我们调查及试验，早播冬麦地在播种前用内吸有机磷杀虫剂3911、灭蚜松、乙拌磷等拌种是治蚜防病的有效措施。可用75%3911剂200克，加水5公斤拌50公斤小麦种子，拌匀后堆闷12小时播种，出苗后30天杀蚜效果仍达65%，而且可兼治地下害虫等。

②田间喷药：田间喷药包括冬前和返青后两个时期。冬麦出苗后在10月下旬至11月中旬喷一次药，一方面防止麦蚜在田间扩散，另一方面可压低麦蚜越冬基数。返青后，当有蚜株率达3～5%时即可喷药防治。施药种类有50%灭蚜松1：1000～1500；40%乐果1：10000～1500；50%　1605　1：2000～3000效果都较好，近年山东省推广抗蚜威50%可湿性粉剂（氨基甲酸酯类），每亩用药量17.5～30克，兑水20～35公斤，防治效果很好，又不伤害天敌。

（2）农业措施　由于干旱、瘠薄、稀植是利于麦二叉蚜发生的麦田生态条件，因此，改旱地为水地、深翻、增加氮素肥料、合理密植是抑制麦二叉蚜的重要措施。

调节播种期，控制过早、过晚播种，是降低蚜量、减轻小麦黄矮病的有效方法。

麦蚜于冬季多集中在麦根附近，冬灌不但有利于小麦越冬，也有助于增加麦蚜越冬死亡率。

选用抗虫、耐病品种从长远看是安全、有效、经济的防治措施。但目前尚未选育出抗病、丰产性能好的材料。在品种方面还须做大量工作，明确抗源，特别是抗蚜、抗病

毒问题，有计划地进行杂交移植，以获得抗病丰产品质好的品种。

四、甘薯黑斑病

甘薯黑斑病，1937年从日本传入我国东北，后随种薯和种苗的调运，迅速蔓延扩大，导致我国26个省市近1000个县、市广大甘薯产区都有发生，黄淮海平原为我国甘薯集中产地，也是甘薯黑斑病主要分布区。全国估计每年因黑斑病损失甘薯约50亿公斤，占总产量的10%左右。食用病薯后，人、畜均会引起中毒，严重者甚至死亡。解放后，党和政府对黑斑病防治十分重视，建立了植物检疫制度，积极开展防治研究，并大力推广了行之有效的防治方法，对控制病害的为害起到了很大作用。

甘薯黑斑病菌以厚垣孢子和子囊孢子在薯窖、苗床、土壤内越冬，或以菌丝体附着种薯表面，潜伏在薯块内越冬，成为第二年或第三年初次浸染来源。

病害传播途径很多，它可以通过病薯、病苗、病土和带病肥料、水流、风雨、农具、人、畜、鼠、昆虫等的活动进行传播。

薯块带菌以孢子附着于薯表，菌丝潜伏于薯内以及薯肉中病斑等方式，并以薯块的老伤疤上潜伏的病斑占14.3%。中国农业科学院植保所1964年试验证明，薯苗带菌主要是在秧苗基部0.1～1厘米处。

病菌侵入途径，病菌可直接侵入幼苗。据中国农业科学院植保所1964年调查，证明病菌是通过自然伤口或人为伤口如芽眼、皮孔、根眼、自然裂口、拔苗伤口等侵入。

1.发 病 条 件

（1）温、湿度与病害关系　在具备菌源和有伤口的条件下，黑斑病的发生和温湿度有着密切的关系。发病最高温度为35°C，最低温度8°C，最适温度为25～27°C。甘薯育苗期苗床温度在25°C左右，湿度大，则易发病。窖藏初期，在伤口大量存在时，如果窖温在25～27°C，湿度又大，黑斑病极易蔓延，常引起冬前烂窖。

（2）伤口　伤口是病菌侵入的主要途径，伤口多时，黑斑病发病率也就高。

（3）土壤地势　土壤含水量在14～16%范围内、病害随温度增高而加重。超过60%以上则随温度的增高而减轻。因此凡地势低洼、土壤粘重的地块发病就重。

（4）品种　不同品种间，抗病性存在着一定的差异。一般情况下，薯块皮厚、薯肉坚实、水分少、味越淡的品种，抗病性越强。目前较为抗病的品种有：城步红皮红心薯、双峰黄心薯、五大龙、白大柴、华北111、农林10号、农林1号等。

2.防 治 方 法

中国农业科学院植保所自50年代就开始将此项研究列为重点课题，在河南、山东、安徽、江苏、河北等省22个县60多万亩的地区，进行了大面积综合防治样板试验，总结出："综合防治以防为主，连年坚持，防病与丰产相结合"的方针。以及"以繁育无病种薯为基础，培育无病壮苗为中心，安全贮藏为保证的防治策略"。在和河南兰考农业局共同试验中，又更具体的提出"一留（无病留种地）、两浸（药剂浸种、浸苗）、三高（高温育苗、高剪苗、高温愈合处理贮藏）"的综合防治措施。通过几年的大面积连续防治，一般已将苗期的发病率由过去的20～30%降低到1～3%，贮藏期发病率已由过去的20%压低到1%以下。现已在北方甘薯产区的山东、河南、皖北、苏北、河北等省推广应用。

（1）建立无病留种地培育无病壮苗　带病的种薯和种苗是甘薯黑斑病远距离传播的主要途径，培养无病苗是防治甘薯黑斑病的关键性措施之一。中国农科院植保所在河南试验调查，无病留种地薯块发病率一般仅在0.1～0.5%，而一般大田发病率为5～9.3%。

①留种地：选择三年未种甘薯的旱地或水稻田作为留种地，并注意使用净肥、净水和干净的农具，并注意单收、单藏。

②选种：种薯上坑前要认真进行精选，严格剔除病、虫伤、冻薯块。

③种薯处理：精选好的种薯，在上坑育苗前要进行消毒，方法有两种：第一是温汤浸种。种薯放到51～54°C温水中浸种11～12分钟，这一方法的缺点是对深浸的病斑无效，而且操作方法较繁琐，在燃料缺乏的地区，推广应用此法受到一定的局限。第二是药剂浸种。随着农药的发展，已逐步代替温水浸种。在药剂浸种的同时，再进行高温育苗，这样就能保证多出苗出好苗。据中国农业科学院植保所在河南调查，凡应用药剂浸种和高温育苗的苗床，第一茬苗发病株率为0.3～0.5%，不浸种的发病株率为2.8～3.7%，第二茬苗浸种的发病率为1～4%，不浸种的发病率为20.5～30.7%，第三茬苗浸种的发病率为10.9%，不浸种的发病率为43.5%。

通过几年来对20多种药剂连续筛选试验，明确代森铵、多菌灵、甲基托布津、402等药剂浸种育苗，效果均较温水、对照显著。见表15-5。

表15-5　药剂浸种育苗防病效果

药剂	浓度（倍）	第一茬苗		第二茬苗		第三茬苗		备注
		发病率（%）	防效（%）	发病率（%）	防效（%）	发病率（%）	防效（%）	
50%多菌灵	1000	0	100.0	2	97.4	11	87.5	种薯原发病基数为10%
	1500	0.9	89.0	6	92.2	18	79.6	
50%甲基托布津	200	0	100.0	3	96.0	14	84.0	
	300	0.6	92.7	5	93.5	21	76.0	
70%402	1500	0	100.0	4	94.8	17	80.7	
	2000	0.3	96.3	7	90.0	28	68.2	
50%代森铵	200	0	100.0	5	93.5	25	71.6	
	300	0.2	97.6	15	80.5	34	59.2	
温水	50°C	4.0	51.2	25	54.5	40	54.5	
对照		8.2	—	77	—	88	—	

④高温育苗：高温不利病菌生长，并能促进愈伤组织形成，以及抑菌物质甘薯酮的形成。因此，在育苗期把苗床温度提高到35～38°C，达到控制病害的目的。包括有顿水顿火高温育苗法和高温催芽薄膜覆盖露地育苗法。这两种方法已在黄淮海平原甘薯产区普遍推广应用。

（2）大田防病　大田发病主要来自带病薯苗，从而污染土壤、工具，增加收获时传

病的可能性。大田期的防病工作主要环节是要栽播无病薯苗，大田期防病要注意以下几方面。

①栽播无病薯苗： 栽播无病薯苗有三个主要措施：首先，选择无病地育苗，用无病地的薯苗进行栽播；其次高剪苗，根据薯苗带菌部位主要集中在秧苗基部，将采来的薯苗基部适当剪去；最后，药剂浸苗，将剪好的薯苗用药剂浸泡。

可用的几种药剂有：

50%多菌灵2000～3000倍，浸1～3分钟。

70%、50%甲基托布津500—700倍，浸1～3分钟。

25%苯来特800～1000倍，浸1～3分钟。

50%代森铵500～800倍，浸3～5分钟。

③轮作换茬：病菌可在土壤中存活2年以上，可以采用一些非寄主植物如小麦、玉米、棉花、水稻、高粱、谷子等多种作物进行3年以上的轮作，但也必须和栽播无病薯苗相结合，才能收到良好的效果。

（3）贮藏期防病 贮藏期是黑斑病危害重、损失大的时期，也是次年培育无病壮苗的基础，抓好这个时期的防病工作，是十分重要的。近年来徐州地区农科所，根据高温可抑制病菌生长，并能加速伤口愈合的原理，和广大群众共同试验出高温大屋窖，据各地推广应用后，认为是一种甘薯安全贮藏、防病的好办法。据中国农业科学院植保所在河南兰考县在推广示范高温大屋窖时对八座大屋窖贮藏的调查，共贮藏鲜薯123125公斤，发病760公斤，发病率为0.6%；同时八座地窖共贮藏鲜薯6.875万公斤，发病3.3350万公斤，发病率达49%。在育苗期，又进一步观察不同贮藏方法的育苗效果时，发现用大屋窖贮藏的种薯育苗，平均发病率为2.3%，而用地窖贮藏的种薯育苗，平均发病率为4.9%。

中国农业科学院植保所从1972年开始进行加温屋窖的窖型改良试验，设计出一种半地下式加温屋窖和永久性的半地下式砖砌非字型加温窖，经实际应用，防病效果也很好，如在兰考试验，贮藏1.25万公斤，年后调查发病率为0.7%，而用地窖贮存的1.5万公斤甘薯，发病率为12%；在兰考采用的高温小屋窖贮藏的薯块发病率也很低，分别为0.4%、0.2%、0.3%、2.7%。半地下式高温小屋窖比高温大屋窖结构简单、省工、省料，便于加温和中后期的保温。这种窖型现已在河南开封、商丘地区迅速推广。各地也可根据具体条件进行选用。

中国农业科学院植保所试验用50%可湿性多菌灵500倍对窖藏薯块进行预浸（蘸一下或入窖后灌浇）处理，防治黑斑病效果也良好，防病效果达89.4%以上。而且成本低，适合于贮藏量少和个人采用。

五、棉花苗期病害

棉花苗期病害是影响棉花增产的主要原因之一，罹病的棉苗，轻者生育滞缓，重者引起死苗，造成缺苗断垄，影响棉花的一次播种，一次全苗。黄淮海棉区，一般年份发病率为50%以上，死苗率达5～10%。

苗病种类繁多，国内已发现有20多种，尤以苗期根病为害最甚。根病的发生与气候、土壤栽培条件等关系很大，因而各地根病发生种类有着一定的差异。中国农业科学院棉花所、植保所等十多个单位协作，在70年代后期对我国南北棉区棉苗根病发生的种类作了系

统调查和分析，明确了在黄淮海棉区棉苗根病以立枯病、炭疽病、红腐病为主。在这一地区内各小区又有所不同。如山东省西北部以立枯病和炭疽病为主，出现率分别为33.5%和28.7%，红腐病出现率只有15.4%而山东北中部则以红腐病出现率为最高，平均达62.4～69.8%，立枯病和炭疽病出现率分别为3.3%和5.1%。河北保定出现率分别为：红腐病35%、炭疽病32.5%、立枯病26.2%。河南安阳则以红腐病出现率最高为63.9%、立枯病为11.7～21.5%、炭疽病为3.4%。

1.棉立枯病

(1) 学名：Rhizoctonia solani kūhn

(2)寄生范围广，除危害棉叶，尚能侵染马铃薯、红麻、大豆、花生、茄子、烟草、甜菜、林木、高粱、小麦、大麦、水稻等近200种植物。

(3)侵染循环　病害主要通过土壤传染，是典型的土传病害。病菌在土壤中可存活2～3年以上，表土5～6厘米处分布最多。翌年土壤中病菌直接或间接侵入棉苗为害，并可当年在田间引起再侵染。病菌还能通过人、畜、农具以及借水流、风、雨等进行传播。

(4) 发病规律　①气候与发病关系：病菌侵害棉苗最适土温是17～23° C，尤以18°C时致病力最强。23°C以上其致病力就逐渐下降，至34°C棉苗即不受害。在土温适宜病菌生长时，土湿较低也能受害，但湿度愈大发病愈重。如棉花播种后，遇多雨潮湿，影响棉苗初次侧根和幼茎组织木栓化的形成，因而发病重。

②土壤与发病关系：在地势低洼、排水不良，土质粘重的棉田，对寄主根系生长不利，因而发病重。土质粘重时，土壤易板结，延长出苗时间，增加了病害侵染机会，发病也重。

③栽培条件与发病的关系：播种过早或过深，都能使出苗延迟，生长不良而易发病。不合理的施肥，如氮肥过多或钾肥缺乏，至使棉苗生长柔嫩而易感病。

④品种与发病的关系：棉花种及品种间抗病力存在很大的不同，据研究，中棉平均发病率为5.1%，陆地棉为1.8%，在陆地棉中斯字棉系统的发病率比脱字棉系统为低。

2.棉苗红腐病

(1) 学名：Fusarium spp.

(2) 寄主范围：除为害棉花外，尚能侵染玉米、甘蔗、高粱、马铃薯、黄瓜、松苗等多种作物。

(3) 侵染循环：病菌可营腐生生活，潜伏在种子、病株的烂铃、残枝、落叶及土壤中越冬。翌年直接侵入棉苗为害。

播种时低温、高温有利病害的发生。

3.棉炭疽病

(1) 学名：Glomerela gossypii

(2) 寄主：只为害棉花。

(3) 传播途径：主要通过种子传播病害，病菌以分生孢子在棉籽短绒上越冬，少部分以菌丝潜伏在棉籽内部越冬，在种子表面的病菌能存活9个月，种子内部病菌可存活12～18个月。播种后侵害幼苗，并可引起当年再侵染，后期棉铃受害，至使病菌侵入种子内部而带菌，一般种子带菌率为30～80%。烂铃、病叶、茎等残留在田间，使土壤带菌，表土病菌能存活一年之久。

（4）发病条件 ①低温阴雨有利发病：病菌孢子发芽最低温度为10°C，发育最适土温是25～30°C，土壤水分过多，相对湿度在85%以上时，则病害就会加剧为害，湿度低于70%时，则不利于发病。

②耕作与发病关系：耕作质量差，棉苗不能很快生长、发根，抗逆能力差，在适宜的温湿度下，病菌很快繁殖侵入，棉田就能很快感病。

③棉花苗龄与发病关系：田间死苗高峰期，常在棉苗出土后15天内。以后的气温就逐渐上升，棉苗生长加快，茎部木栓组织形成，棉株抗病力随着就增强。

4.棉花苗期病害防治

在黄淮海棉区，苗期根病以上述三种病害为主，通常它们是混合发生，或有先、后发生之区别。由于菌源复杂，外界条件和棉苗生长势都对苗病影响很大。实践证明，开展的种子处理为主的综合防治措施，是防治此病的切实可行方法。

（1）农业防治

①播前深耕细耙：深耕，可大大减少病源。反复多次细耙又可使土壤疏松、通气，从而提高地温有利播苗出土和生长。据中国农业科学院植保所试验，早间苗、早中耕，可提高土温1～3°C，减轻发病10～20%。

②适时播种：一般以5厘米土温稳定在12°C以上时，开始播种为宜。

③加强田间管理：棉立枯病一般是在棉苗出土40天左右即停止发生。棉炭疽病死苗高峰是在出土后15天之内，为此，在棉苗出土后，应做到早中耕、深中耕、勤中耕，增强抗病能力，减少发病。

（2）种子处理：①选种：播种前粒选，剔除烂籽、虫籽、瘪籽、小籽等劣籽。②晒种：播种前晒种30～60小时。③消灭种子带菌。除立枯病外，其他二种病害均以种子带病为主的传播病害，方法有：温汤浸种，即用55～60°C温水浸种半小时；药剂处理，经国内外多年试验证明，防治棉苗根病采用药剂拌种是最经济、简便、有效的方法。药剂拌种不仅在种子外部形成药膜，同时还可以在出苗时形成药带，防止土壤中病菌侵入幼芽、幼苗。自60年代初有机汞制剂被限用后，1979～1980年由中国农科院植保所棉花所等单位组织成立的全国棉病协作组，进行了高效、低毒、经济、简便易于推行的四十多种代汞拌种剂的筛选工作。研究证明在黄淮海棉区应以五氯硝基苯或拌种灵为主，可以和多菌灵、炭疽福美混合使用，一般拌种用药量为种子重量的0.5%。

近来，北京农大和中国农科院棉花所共同研制出呋喃丹与多菌灵原粉和多菌灵胶悬剂以及与401原油等复配成种衣剂处理棉籽，具有兼防蚜虫和苗期病害以及枯萎病等作用，并且还可减少种子处理程序、降低成本，为种子处理机械化，提出了新的安全有效的种衣剂的药剂复配配方，正在试验推广。

山东农学院近年试验用棉苗丹一号（即40%拌种灵可湿性粉剂＋3%呋喃丹微粒剂复配制剂），山东省还试验用40%多菌灵可湿粉＋20%磷酰胺可湿粉等量复配对根病具有良好的防治效果。

六、棉花枯、黄萎病

棉花枯、黄萎病，分别于1934、1935年从美国引种而传入我国。后又随调运棉籽传入各植棉区，被列入我国对内、对外植物检疫对象之一。据1982年农业部统计发病面积已

达2000万亩，分布于我国22个省市596个县。黄淮海平原是我国主要商品棉种植区，大部分植棉区均有二病的分布。河南省1982年调查全省98个植棉县,95个县有病,发病田面积占全省棉田总面积的19.2%。中国农业科学院植保所等单位试验证明,二病不仅影响棉花生育和产量，而且极大的降低了纤维品质。

1.棉花枯、黄萎病菌和生理型

棉花枯萎病菌为镰刀菌属美丽组尖孢铲刀菌种的萎蔫长化型。国内外研究结果证明不同地区的棉花枯萎病菌对一定的棉花种或品种的致病力存在着显著的差异。我国于1972～1973年由中国农业科学院棉花所、植保所、北京农大、陕西农科院等单位组织协作，对我国主产棉区14个省、市的菌系进行致病力测定，划分为三个生理型。见表15-6。

表15-6 全国棉花枯萎病菌生理型区分

生理型	在三大棉种致病力			分布区
	海岛棉	陆地棉	中 棉	
Ⅰ	强	强—中	弱—中	长江、黄河
Ⅱ	强	强—中	〇	黄河、次为长江
Ⅲ	强	〇	〇	新疆吐、鄯、托盆地

黄淮海平原棉花枯萎病生理型主要为生理Ⅰ型和生理Ⅱ型。

2.棉花枯、黄萎病流行规律

（1）传播途径　①种子带菌：带菌的种子是传播病害的主要途径之一。种子是远距离传播病害的主要途径。种子带菌量，国内外均有报导，中国农科院植保所1964年、1975年、1978年分别对辽宁、河南、陕西等地枯萎病株棉籽进行分离，测定出种子带菌率分别为0.101%、0.15～2.68%、6.6%。

②病残体及带菌土：病残体留在土壤内，可引起当年的再侵染，并造成病害逐年加重。中国农科院植保所与河北省农科院试验，将棉花黄萎病病株的叶柄、叶脉、叶肉分别测定其带菌率为20%、13.3%、6.6%。6、7月份病株脱落的叶片，能造成当年再侵染。

此外两种病还可以由风、雨、洪水、带病的棉子饼和病肥料、人、畜活动以及农具等等进行传播。

（2）病菌的存活、分布及侵染　据四川棉花所试验，在室内条件下保存带枯萎病棉株经6年仍有一定的侵染能力，据南京土壤所试验证明，在20厘米土层内病残体中的枯萎病菌，经19个月才有降低存活的趋势。土壤中枯萎病菌的垂直分布，以0～20厘米内数量最多，40～70厘米间极少。

病菌可直接侵入，或通过伤口侵入，通过导管的纹孔进入导管，并在导管内繁殖，向植株上部发展。

（3）发病条件

①发病与温湿度关系：据中国农业科学院植保所在河南观察证明，棉花枯萎病21°C时开始发病，24～27°C时发病重，平均地温超过28°C以上，病情下降，花铃期连续高温30°C以上，病状隐蔽。

据中国农业科学院植保所在北京试验，黄萎病最适温度为25～28°C，低于24°C或高于30°C，发病缓慢。

②棉花种和品种与发病关系：棉花的种和品种对于病害的抵抗性有很大的差异。陆地棉类型易感病，中棉类型多抗病。同一棉花的不同品种间抗病性差异也很大。

3.综合防治

棉花枯、黄萎病传播途径很多，各地又存在着不同的病菌生理型，致病力有着一定的差异，因此给本病防治带来很大困难。中国农业科学院植保所，于60年代即根据本病的流行规律，提出“保护无病区、消灭零星病区、控制轻病区，改造重病区”的设想，到70年代，随着各项技术措施的不断补充与完善，被全国棉花枯、黄萎病综合防治研究协作组所确认，经过近几年实践，证实了这一方法是行之有效的。

（1）保护无病区　据全国调查，无病棉田仍占70%以上，而病田的扩展又首先是自无病区开始，因此保护无病区的任务是十分重要的。保护无病区要作好下列各项工作：

①制定植物检验法规，严格执行和遵守检验制度，严禁病区棉籽和棉子饼不经彻底消毒调入无病区。种子消毒办法有棉籽硫酸脱绒“402”热药浸种。具体方法是将硫酸和棉籽按重量1：10加入，边倒硫酸边拌棉籽，直到棉籽变黑发亮，短绒完全脱尽为止，再用清水反复搓洗干净，捞出浸入相当于棉籽重量3倍的55～60°C的2000倍70%“402”药液中浸闷30分钟。

多菌灵胶悬剂冷浸消毒。用有效成分为0.3%多菌灵胶悬剂药液，在常温下棉籽无需脱绒浸种14小时，可以获得好的防病效果。

②建立无病原（良）种基地，确认无病种子，作为第二年扩大无病田种植用籽，第二年即可向生产提供大量用种。基地规模应是由小到大。

③坚持年年开展逐田发病调查，一旦发现病株，立即划分疫区，实行封琐，彻底根除。

（2）消灭零星病区　田间病株率在0.1%以下的，划为零星病区，零星病区具有转化为无病田或轻病田、乃至重病田的可能，必须十分重视。具体办法是，开展调查、清除病株、消毒病土。

①挖换病土：就是把病土移出田外，这一办法虽有效，但费工大，不经济。

②土壤药剂处理：60年代初中国农业科学院棉花所、植保所等单位曾用氯化苦处理土壤，铲除棉花枯、黄萎病点或发病中心，效果达100%，由于这种药剂对人、畜刺激性大，目前使用较理想的土壤处理药剂是棉隆，每平方米施原药70克，深30～40厘米，施药后每平方米浇20公斤水或于处理病点表面直接用土覆盖即可，能达到彻底铲除病菌的效果。此外，经山东省棉花枯、黄萎病综合防治协作组多年室内、田间试验证明，二溴乙烷、粗二二乳剂、农用氨水、1，3二氯丙烯，以及中国农业科学院棉花所试验证明用90%氯化苦乳剂都可用作零星病点的剔除剂。各药用量如下：

二溴乙烷：每平方米病土用81毫升70%二溴乙烷，溶于40.5公斤水中灌施，两周后播种。

农用氨水：将农用氨水稀释10倍浇灌，铲除效果也较理想，但残害严重。消除办法：用水将处理过的病土冲洗一、二次；或将处理过的病土，撒在四周无病田。

90%氯化苦乳剂：处理面积以病株为中心，苗期为30平方厘米，蕾期为50平方厘米，收花期为100平方厘米，药剂按每平方米施药100毫升，即用注射将将药液注入土壤，

深度达20厘米，每平方米注药孔25个，处理后盖土封闭，10天后方可翻动土壤。一般在棉花播种前一个月施用，施药时要用防护面罩，以免发生中毒。

（3）控制轻病区　发病株率在0.1～1.0%之间，没有发病中心为轻病区。防治措施主要进行轮作，辅以换种、种子药剂处理，以及严格控制病田棉籽、棉子饼、棉株等传病，从而达到压低和控制棉枯、黄萎病的危害，使之向无病区转化。

（4）改造重病区　病田发病率在1.0%以上，有发病中心。由于重病田内病菌大量累积，发病严重，损失也最严重，防治也最困难。多年试验证明，在改造重病田的过程中，以种植抗病品种为主，同时兼顾其他防病和栽培管理措施，是压缩重病田最为经济有效的综合防治方法。

①种植抗病品种，压缩重病田。我国对棉花枯、黄萎病抗病育种的研究工作是从40年代开始的，50年代选育出4个品种，60年代选育出13个，70年代各地选育出的抗病品种、品系达24个，无论从数量或是抗病性、丰产性能都较50年代有了很大的提高。据统计全国推广抗病品种面积已达1000万亩。黄淮海棉区推广较大面积的品种有：陕1155、86-1号、冀321、鲁抗一号、协作一号等。在以上这些品种中，以中国农业科学院植保所培育的86-1号品种最为突出，其主要特点是：

（a）抗枯萎病性能强，几年来在枯萎病区大面积种植，发病率一般可压低到3%以下。

（b）产量高，经全国区域试验，45个点二年皮棉亩产平均为63.5公斤，比对照品种“陕401”增产18.9%。

（c）纤维品质优，绒长为30.3毫米，衣分率为39.3%，棉絮洁白，售棉品级高。

（d）适用范围广，不仅适宜于黄河流域，而且南方棉区也很适种植。

从1979～1984年大面积推广以来，全国累积种植面积达1354万亩，按每亩多收皮棉7.5公斤计算，共计增收皮棉200万担以上。

②实行轮作倒茬。根据棉花枯、黄萎病不为害禾本科作物的特点，实行棉花与禾本科等非寄主作物轮作倒茬。黄淮主要的耕作制度一般是两年三熟制，即小麦——玉米——棉花，据河南省棉花枯、黄萎病综合防治研究协作组资料表明，棉田改种小麦、玉米一年，再种棉花防病效率为46.9%，两年防效为60.8%，三年防效达67.1%。

③改变棉田生态条件，控制病害发展。棉花枯、黄萎病在低洼地块发病重，在这些地方挖排水渠，降低地下水位，深翻改土，可减少发病。

④加强栽培管理，提高棉株抗病力。

⑤育苗移栽。由于育苗移栽、地膜覆盖能提高地温、保墒防旱、增强光照、提早育苗，从而促进了棉花生长发育，达到增产目的。黄淮海棉区早春温度低、墒情差，因而这项措施在这一地区得以很快发展。

七、棉 花 铃 病

棉花生长后期，遭受各种病原菌的为害，造成棉铃腐烂，严重的影响棉花产量和品质。据河北农科院植保所在河北调查，一般发病率可达5～30%，烂铃重量比健铃减轻52.6%。烂铃的病菌主要有两大类：一类是直接侵染健铃的病害，如炭疽病、铃疫病、角斑病；另一类是必须借各种伤口才能侵染的病害，如红腐病、红粉病、黑果病、褐斑病、

曲霉病、交链孢霉等等。往往前一类形成的病斑又是后一类侵入的途径。各地造成烂铃的主要病原及其为害程度，因地区和每年气候情况的不同而不同。中国农业科学院棉花所曾报导，黄河流域导致棉花烂铃的主要病原是棉铃疫病，以及随之侵入的是红腐病、红粉病、黑果病等等。在河南北部这一地区90%以上的烂铃是由铃疫病引起。中国农业科学院植保所和北京农业大学1984年组织全国铃病调查，河北省棉铃疫病发生占74.98%，红腐占6.88%，红粉占10.52%，炭疽占1.89%，黑果占1.48%。

1.发病规律

(1) 气候条件　棉花烂铃与8、9月份温湿度有着密切关系。如温度在25～30°C，棉田通风不良，持续性的变湿，是导致烂铃的主要因素。据中国农业科学院棉花所调查证明，棉花成铃到开裂期间的降雨量、大气湿度、土壤含水量等与发病成正相关。

(2) 不同生育期与烂铃的关系　据河北省植保土肥所试验证明，在高产、早发棉田，棉株发育早，下部结铃多，棉田郁闭，如遇铃期连雨，则发病重。

(3) 烂铃发生部位　据中国农业科学院棉花所研究，基部棉铃的烂铃发生早、受害重，因此果枝越低烂铃率越高，外部果枝烂铃较高，但差异不如果枝明显。

(4) 施肥与发病关系　棉田氮肥施用过多，枝叶徒长，过早封行，造成棉田郁闭，则发病重。

2.棉花鈴期病害防治方法

烂铃的发生受着多种病原菌的侵染危害，又与棉花生育期气候因素、棉田环境、栽培管理水平等多种因素有关，因此，对烂铃的防治应采取以加强田间管理、改善棉田环境、促进棉株生长老健为主，结合药剂保护的综合防治措施。

目前应用于防治烂铃的杀菌剂种类不多，效果也不够理想，在保护剂上，仍以波尔多液较为常用。此外乙磷铝、保铃丰、克菌丹、多菌灵、百菌清、托布津等杀菌剂，也具有一定程度的防治效果。在使用时可与杀虫剂结合使用，从而减轻烂铃的发生。

八、地 下 害 虫

1.种类和分布

蝼蛄类：以华北蝼蛄为主，多发生在沙壤、盐碱土地带，陇海线以北是其主要分布区域；其次为非洲蝼蛄，分布普遍，多发生在低洼地区。

金针虫类：主要种类是沟金针虫，多发生在旱地平原上，豫、皖、冀、京等常有严重发生地段，其次为细胸金针虫，多分布于水浇地或湿度较大的低洼地。

蛴螬类：据调查重要的种类有30余种，其中分布普遍、为害严重的优势种为大黑金龟子、暗黑金龟子、铜绿金龟子和黄褐金龟子；地区性的重要种类有毛黄褐金龟子、黑皱金龟子、阔胸金龟子、黑绒金龟子和四纹金龟子等。

其他地下害虫：拟地甲类主要有网目拟地甲和蒙古拟地甲。根蛆类也是重要种类，有种蝇、葱蝇等分布各地；另外还有根土蝽，主要分布于山东、河南等省，常局部造成严重为害。

2.生活习性和发生规律

(1)蛴　螬　黄淮海发生的种类，多数一年完成一代，如暗黑、铜绿金龟子等，有的两年发生一代，如大黑金龟子等。由于种类多，成虫最早在3月中至4月初开始发生，末

期在8月下旬或9月初，连续长达数月。产卵期和幼虫孵化期也持续较长时间，造成田间世代发生重叠。更由于蛴螬食性杂，田间种植作物的多样性，形成了错综复杂的局面。不少种类的成虫，是果树、林木的食叶大害虫，如暗黑金龟子嗜食榆树，铜绿金龟子为害苹果、梨、杨树等叶片。不仅如此，蛴螬还与猪棘头虫病有关，猪棘头虫病由巨吻棘头虫寄生在猪的小肠上，轻者发育停滞，成为“僵猪”，重者以致死亡，这种寄生虫病也可使人感染，而蛴螬是棘头虫的中间宿主，由此可见，蛴螬是农、林、牧业的大敌之一。

暗黑金龟子：一年发生一代，主要以老熟幼虫和少数成虫越冬。越冬幼虫于5月上、中旬化蛹，5月中旬至6月上、中旬开始羽化为成虫（因地、因年而有差异），成虫趋光性强并有隔日出土习性，常群集取食，有假死性。傍晚出土活动，能彻夜取食，天明前飞回土中潜伏。成虫交尾后产卵于土中、卵期8～13天，幼虫孵化后主要为害夏大豆、花生、甘薯等，7月是为害盛期，8月下旬大部分幼虫已达三龄，9月下旬以后土深20厘米以上的幼虫危害秋播麦苗，20厘米以下土中的幼虫，体色已变黄，并做土室准备在其中越冬，这部分幼虫不再危害小麦。

大黑金龟子：两年发生一代，以成虫和3龄幼虫越冬。在淮北地区，最初活动的成虫，产卵早，营养条件较好的少量幼虫，可当年化蛹、羽化，一年发生一代。越冬幼虫春季为害返青小麦和春播作物，这部分幼虫6月间化蛹，7月间羽化，羽化的成虫当年不出土，到次年4月才出土活动。

越冬的成虫4月份开始活动，5～6月是成虫产卵盛期，卵期14～17天，6月下旬幼虫已达2龄左右，秋季已长至3龄，为害秋播麦苗。成虫趋光性弱，依靠灯光诱测指导防治是不准确的，飞翔能力不强。成虫多在沟渠、田边、路旁低飞活动，取食杂草和矮秆植物的叶片。成虫傍晚活动，20～22时是取食、交尾盛期，黎明前飞回土中潜伏。

铜绿金龟子：一年发生一代，以幼虫越冬。春季气温回升后，越冬幼虫为害春播作物或返青小麦。5～6月间化蛹，6月是成虫发生盛期，发生期较整齐，成虫黄昏时出土活动，趋光性强，飞翔力大，活动范围广。交尾后产卵在土中，卵期一般10天左右，7～8月幼虫为害夏播作物，8月下旬已基本达到3龄，秋季亦为害小麦，11月以后幼虫越冬。

除上述三种优势种外，还有其它种类，为便于了解，现将发生为害情况等归纳如表15-7。

表15-7　黄淮海地区蛴螬主要种类发生为害情况

虫　　种	生活史	越冬虫态	幼虫为害季节	成虫发生时期
大黑金龟子	两年一代	成虫、幼虫	春、夏、秋	4月初～8月下旬
暗黑金龟子	一年一代	老、熟幼虫	春、夏、秋	5月中～9月中旬
毛黄褐金龟子	一年一代	成虫	夏、秋	3月中～6月上旬
铜绿金龟子	一年一代	幼虫	春、夏、秋	5月中～9月下旬
黄褐金龟子	一年一代	幼虫	春、秋	5月上～8月下旬
阔胸金龟子	两年一代	成虫、幼虫	春、秋	5月中～9月

（2）金针虫　沟金针虫在北京研究结果，完成一代约需时3年多，以幼虫期最长，约1150天，老熟幼虫从8月上旬至9月上旬化蛹，蛹期16～20天，9月初羽化为成虫，

即在土内越冬，直至第二年3～4月间出土活动，交尾产卵，卵期约35天，6月上旬起田间新孵化幼虫数量最多。

成虫白天潜伏于表土中，或田旁杂草等处，夜晚在土面活动交尾，雌虫不会飞翔，有假死性。雄虫飞翔力强，夜晚多在麦苗上停留。卵产于3～7厘米土中，一雌虫产卵数百粒不等。幼虫在土壤中活动，主要受土温的影响。

沟金针虫在淮北地区活动期较北京为早，于2月中、下旬已上升在表土层活动，10厘米以上土中幼虫，约占总虫数的65%，平均土温为5.7°C，3～4月间为害返青小麦和春播作物幼苗，此时土温为7.5～16.5°C，5月中旬以后下移。9月以后又往上迁移，11月中旬以后，往较深土层移动越冬。

3.防治研究与生产实践

(1)发展概况　国内外的研究与实践证明，地下害虫的研究，在综合防治的前提下以化学防治为主的方向是符合实际和正确的。早在50年代前华北农业科学研究所即开展以六六六制剂为主的防治研究，先后提出六六六毒谷、六六六种子和土壤处理方法，并在生产上广泛应用。

60年代中国农业科学院植保所，针对当时剧毒农药1605拌种方法，多次发生人畜中毒事故的问题，又进行了环戊二烯类杀虫剂对地下害虫的毒力测定，证明效果良好。在此基础上提出了七氯、氯丹、狄氏剂、艾氏剂的种子处理方法，1963～1965年还组织了联合试验和大田防治示范，以后由于氯丹的投产，应用氯丹拌种的面积日益扩大，七氯的研究和推广工作因十年动乱而中断。

70年代以来，由于有机氯农药残留问题日益突出，为了寻求高效、低残留的品种，中国农业科学院植保所进行了取代六六六的研究，并于1974年在国内最早提出辛硫磷种子处理防治地下害虫的方法。辛硫磷是一种高效、低毒、低残留有机磷制剂，大白鼠口服致死中量（LD_{50}）为800毫克／公斤，对人畜极为安全，而对地下害虫有相当强的毒力，结果见表15-8。

表15-8　辛硫磷等杀虫剂对地下害虫的毒力测定

虫　　种	药剂种类	致死中量(LD_{50})(微克／克)	
		胃　　毒	触　杀
华北蝼蛄(成虫)	辛硫磷	0.79	1.13
	地亚农	1.21	5.25
	1605	1.64	2.38
沟金针虫(幼虫)	1605		2.21
	蔬果磷		2.19
	辛硫磷		2.49
	乙嘧磷		13.80
华北大黑金龟子(幼虫)	辛硫磷		5.58

除辛硫磷对地下害虫有良好防治效果外，还试验证明乙嘧磷、奎硫磷、地亚农、巴丹等杀虫剂，用种子处理方法防治地下害虫，也有良好效果，也可做为取代六六六的品种。

70年代后期，华中师范大学农药研究所合成新土壤杀虫剂——甲基异柳磷，该品种是我国首先开发的有机磷杀虫剂，目前国外未见报导。它的化学名称为：N-异丙基-O-甲基-O-〔（2-异丙氧基羰基）苯基〕硫逐磷酰胺酯。毒性：大白鼠口服致死中量（LD_{50}）为56.1毫克／公斤体重，经皮下致死中量为229毫克／公斤体重。

甲基异柳磷经试验，证明效果显著，在皖、豫、鲁等七省进行2.5万亩的防治示范，取得良好防治效果，深受群众欢迎，1982～1983年继续大面积示范推广，到1984年已推

广1250余万亩，杀虫效果良好，经济效益显著。

综上所述，将建国以来药剂防治地下害虫使用情况列如表15-9，以供参考。

表15-9　防治地下害虫药剂的使用情况

药剂种类	使用年份	推荐方法	主要防治对象
六六六	1952年	拌种、毒谷、土壤处理	蝼蛄、金针虫、蛴螬
甲拌磷(3911)	1954年	拌种	兼治蝼蛄（目的是防治蚜虫）
1605	1663年	拌种	蝼蛄
七　氯	1963年	拌种	蝼蛄、蛴螬、金针虫
氯　丹	1963年	拌种	蝼蛄、蛴螬、金针虫
乐　果	1965年	拌种	蝼蛄
辛硫磷	1972年	拌种	蛴螬、蝼蛄、金针虫
甲基异柳磷	1981年	拌种、土壤处理	蛴螬、蝼蛄、金针虫

（2）主要地下害虫防治措施　贯彻“预防为主，综合防治”的植保工作方针，因地、因作物，因虫种制宜，开展综合防治。要树立长期防治思想，坚持连年连片防治，开展大面积示范，提高防治质量。

黄淮海平原区小麦播种面积大，秋季又是地下害虫积累养分、准备越冬时期，此时为害小麦严重，而小麦要求适时播种，一播全苗，群众也历来重视麦播期的防治，因此应以麦播防治地下害虫为基础，做好全年的防治工作。

夏播防治也应提倡，尤其是黄淮区夏大豆播种期，正是大黑金龟子幼虫的低龄阶段，也正是防治有利时机。

在黄淮海地区播种期防治的顺序应是秋、春、夏，防治对象主要应是小麦、玉米、大豆、花生等。

防治技术要点：春播期间，气温变化大，要求土温（10厘米）稳定在10°C以上时，开展防治。夏季要抓好夏大豆、花生生长期的防治，防治对象主要是暗黑、铜绿和大黑金龟子。秋播防治应以早、中播种的麦田为主，当土温（10厘米）下降到10°C以下时，应停止药剂拌种。

播种期防治：药剂处理种子，应大力提倡辛硫磷拌种，有条件地区重点推广甲基异柳磷拌种，或根据各地药剂供应情况，适当选用辛硫磷或1605微胶囊剂、乐果、甲胺磷

表15-10　几种药剂拌小麦种防治地下害虫用量表

药剂种类	药量（公斤）	加水量(公斤)	拌麦种量(公斤)	备　　注
50%辛硫磷乳油	0.5	25～50	250～500	主治蛴螬，兼治蝼蛄、金针虫
40%甲基异柳磷乳油	0.5	40～50	400～500	防治蛴螬、蝼蛄、金针虫
40%乐果乳油	0.5	20～30	200～300	防治蝼蛄
50%甲胺磷乳油	0.5	25～50	250～500	主治蝼蛄
50%1605乳油	0.5	25～50	250～500	主治蝼蛄，兼治蛴螬、金针虫

等。在小麦病毒病严重流行区(年),仍可沿用3911拌种,以防治传病媒虫(麦蚜、叶蝉等),并兼治地下害虫,非流行区(年)不宜提倡。现将几种药剂的拌种量列如表15-10。

注意事项:

①辛硫磷易光解失效,拌种时要避免操作,辛硫磷易生药害,要严格掌握药量。

②3911、甲胺磷、1605等剧毒农药,要执行安全操作规程,防止人畜中毒。

生长期防治:小麦返青期发生蛴螬、金针虫为害,可用50%辛硫磷乳油,每亩100~150毫升,加适量水拌约25公斤细土制成用辛硫磷毒土,结合锄麦时施下,或用50%辛硫磷乳油每亩250毫升,结合灌水施用,或兑水1000~1500公斤,在新被害苗附近灌根。大豆、花生应掌握蛴螬低龄阶段,在大豆、花生封垄前,用辛硫磷灌根(每亩用50%乳油200~250毫升,兑水1000~1500公斤)。或用250毫升辛硫磷乳油拌约40公斤炉渣或细土,顺垄撒施,锄入土中后灌水。如能结合天气预报,争取雨前施下毒土,效果亦佳。

成虫(金龟子)防治:防治大黑金龟子可用乐果、敌百虫粉剂。防治暗黑金龟子,可在大豆、花生田周围,用乐果、氧化乐果500倍液喷洒树冠,或在田内插有毒榆、杨树枝条(在氧化乐果或久效磷药液中浸蘸),每亩5~6支。

九、粘　虫

1.生活史及为害特点

粘虫在黄淮海地区全年发生世代及主要为害代次,南北略有差异。南部黄淮平原包括苏北、皖北、豫中南等地,一年发生4~5个世代,其中以第一代发生数量最多,主要于4~5月间为害麦类。有的年份在局部地区三代幼虫发生,为害谷子、玉米、高粱、水稻等作物。中北部地区包括冀中、西、南,鲁西北、豫北、京、津等省、市,全年发生3~4个世代,其中以第三代幼虫发生数量较多,于7~8月间主要为害谷子、玉米、高粱等作物,有的年份一代幼虫在水肥条件较好的地块也为害小麦。二代幼虫对麦套玉米亦会发生为害。

越冬代成虫于2月中、下旬至3月上旬始见,盛期一般在3月中、下旬至4月上、中旬,形成明显的2~3个蛾峰,末期一般在5月上、中旬。据徐州地区农科所等(1975)报导:越冬代成虫发生数量最大,占全国总蛾量的80%。一代卵于3月中、下旬至4月上旬始见,卵盛期在4月上、中旬,4月下旬至5月上旬为卵孵化盛期及低龄幼虫阶段,亦是防治有利时期。一代幼虫大量发生,为害小麦。5月中、下旬化蛹,5月下旬至6月上、中旬为羽化盛期。二代粘虫发生在6月间,一般发生数量少,不造成为害,二代成虫于7月上、中旬陆续羽化。三代卵于7月中旬始见,7月下旬至8月上旬为产卵及孵化盛期,三代幼虫于7~8月间大量发生,主要为害谷子、玉米、高粱、晚稻等作物,三代成虫发生在9~10月间,这时大秋作物已近成熟收获,四代幼虫多发生在杂草上,数量很少,一般不造成危害,当11月份气温下降粘虫全部死亡。

2.越冬迁飞规律

全国各科研单位协作,对粘虫进行了越冬调查、生活史饲养、抗寒力测定等方面研究,提出北纬33度(即1月份0°C等温线)为我国粘虫越冬北界,粘虫在此线以北地区不能越冬。对粘虫进行标记回收试验说明,粘虫在我国具有南北往返迁飞为害的特性。1961~1963年在我国东半部三省六个县共标放各色粘虫蛾200余万头,在北方五省10个县共收到有色蛾12头,最远迁飞距离约为1400余公里。以上结果说明,粘虫在黄淮海地区不能越

冬，每年春季的成虫系由北纬27度以南（广东、广西、福建等省）2～3月间羽化的成虫，随高空气流的运转而迁入，形成黄淮海地区（包括江淮流域）初始虫源。这代粘虫在此地区繁殖，为害小麦，一代成虫于5月下旬至6月上、中旬羽化，大部向北迁飞，形成东北。西北、西南等地二代粘虫外来虫源，少数成虫在本地繁殖，成为本地区二代虫源。东北、西北二代幼虫于7月间为害小麦，二代成虫于7月下旬至8月上旬羽化，大部分向南迁飞，形成黄淮海地区三代粘虫的外来虫源。黄淮海地区本地二代成虫羽化亦形成本地三代粘虫虫源，但虫体发育进度比外地虫源偏迟。三代成虫于8月下旬至9月上、中旬化蛹羽化，于9～10月间大部分成虫向南迁飞，形成北纬33度以南地区五代粘虫的外来虫源。粘虫在南方越冬，继续繁殖，12月至2月间为害小麦。

粘虫在我国每年春季由南方虫源地向北作两次大规模的迁飞，秋季又从北向南作两次较大规模的远距离迁飞，各发生区主要为害世代互为虫源关系。粘虫越冬迁飞规律的揭示，对粘虫的中、长期预测预报及综合防治技术均有重要的理论与实践意义。

3.粘虫的防治

防治指标：山东省测报总站提出，一代粘虫在小麦亩产200公斤，每平方米有虫15头；亩产量300公斤每平方米有虫25头的情况下，应进行防治。二代粘虫在套种玉米百株有虫50头；玉米五片叶心叶期百株有虫15头；小麦每平方米有虫30头时，应进行防治。三代粘虫在套种玉米百株有虫150头，直播玉米百株有虫100头；谷子亩产量300公斤，每平方米有虫20头应进行防治。北京市植保站提出，一般麦套玉米、高粱的田块每平方米有虫5头，平播麦田每平方米有虫15头；谷子每平方米有虫5头；玉米、高粱苗期百株有虫20～30头，生长中、后期百株有虫50～100头；水稻百墩有虫30～50头幼虫，应进行防治。

粘虫是迁飞性害虫，一旦幼虫大量发生还需用化学农药进行防治。粘虫的防治首先应作好预测预报、虫情调查和各项防治准备工作，掌握在幼虫2～3龄盛期进行防治，可收到较好的防治效果。

防治粘虫的化学农药有：

①每亩用2.5%敌百虫粉1.5～2.5公斤（敌百虫对高粱有药害忌用）。

②每亩用2.5%敌百虫粉1.5～2.5公斤或80%敌百虫晶体75～100克（先用温水化开），加入细土15～20公斤拌匀，制成毒土施撒。

③每亩用甲敌粉1.5～2公斤。

④每亩用45%敌马合剂100毫升，兑水喷雾。

⑤每亩用15%除虫脲Ⅰ号1～2克或25%除虫脲Ⅲ号5～10克加水进行地面常量、中量、超低量喷雾或飞机喷撒防治。

十、玉米螟

1.种类与分布

我国玉米螟一直被认为是欧州玉米螟Ostrinia nubilalis (Hübner)。1970年Mutuura等提出：分布于亚洲东部和澳洲为害玉米的是亚洲玉米螟Ostrinia furnacalis Gueniei。欧洲玉米螟仅分布于欧洲、非洲西北部、西亚和北美。不久，上海有机化学研究所等单位应用该所及美国合成的欧洲玉米螟性信息素在我国一些地区进行田间诱捕。均

未能诱到雄蛾。我国玉米螟优势研究属何种引起了极大的关注。

中国农业科学院植物保护研究所李伟华等（1978）根据生殖隔离及形态鉴定结果首次提出：在我国从东北到广东的辽阔地区玉米螟优势种是亚洲玉米螟，而不是欧洲玉米螟；欧洲玉米螟在我国也确实有分布，但仅限于新疆伊宁。

1980年以处女蛾粗提物为主要诱源，在全国八省、市、自治区十个联合试验点进行田间诱雄结果：黑龙江（齐齐哈尔）、山西（太原）、北京（通县）、河南（虞城、商丘）、河北（保定、张家口）、内蒙古（通辽）、宁夏（永宁）等地优势种是亚洲玉米螟；新疆（伊宁）是欧洲玉米螟。

2.黄淮海平原区玉米螟发生规律

该区玉米螟一年发生多为三代。

（1）春玉米　心叶期受第一代为害，穗期受第二代为害。第一代卵一般落在心叶期。心叶期被害症状是"花叶"，花叶株率的高低是衡量心叶期螟害轻重的标志。为害严重时心叶不能展开，抽雄延迟。四龄以后幼虫开始由茎上端向下转移蛀入茎杆或雄穗柄，造成茎折或雄穗柄折断。发育稍晚一些的幼虫，蛀入雌穗着生节及其附近各节，严重影响营养物质的输送和雌穗发育，这是影响玉米产量的关键时期。春玉米心叶期防治的关键是将这一代幼虫消灭在蛀茎之前。

第二代卵高峰落在雌穗抽丝盛期前后。绝大部分幼虫取食花丝和嫩粒，使籽粒残缺并容易引起霉烂，四龄后蛀入茎杆、雌穗或雌穗柄为害。这代幼虫主要影响玉米品质和千粒重。

（2）夏玉米　这里指的是麦茬直播或移栽玉米。心叶期受第二代为害，穗期受第三代为害。

由于二代卵末期与三代卵重叠，因而为害期比春玉米长，防治心叶期螟害比春玉米更困难。

夏玉米穗期三代螟虫的发生量远比春玉米穗期二代螟虫多，为害也比较严重。因此，夏玉米穗期防治更为重要。

（3）套玉米　除早播外，心叶期基本上可避开第一代螟虫为害。但到达打苞抽雄期，恰逢第二代盛期。穗期受第二代螟害，严重影响产量。

河南新乡一年发生三代。越冬代蛾羽化盛期、第一代卵盛期在5月下旬至6月上旬；第二代卵盛期在7月中、下旬；三代卵盛期在8月下旬至9月上旬。

3.玉米抗螟性鉴定及选育

种植丰产抗螟玉米品系是综合防治措施的重要一环。从1974年开始，中国农业科学院植保所开展了这方面的研究，稍后，又成立了由植保所主持的全国玉米抗螟性鉴定及品种选育组，进行室内、田间抗螟性鉴定及选育研究。1976年植保所首先鉴定出我国第一个抗螟自交系404，抗性属高抗型，它是由吉林四平地区农科所培育的，这为开展抗螟性鉴定和利用研究奠定了基础。

协作组多年来在我国主要玉米产区鉴定了1770份玉米品系，从中选出高抗型自交系有：404、门可、B5、B52、A662、获白等53份。抗型自交系有：A619、L317、B70、公70、吉808、罗系3、洛抗03等84份。A032、B85、黄早四407等59份属中抗型。其中Mo17和黄早四等10多个自交系还兼抗大、小斑病等多种玉米病害。

据报导，玉米心叶期抗螟是因体内含有抗虫素，而抗虫素含量的高低是能遗传的。选农艺性状优良、抗性强的品系为亲本，通过杂交，定向培育，完全可能培育出心叶期抗螟的品系，这对减轻心叶期世代螟害有重要意义。

4.化学防治方法

（1）心叶期防治：最初推行的是六六六灌心叶，后来又改进为有机氯颗粒剂。由于有机氯制剂对人畜有毒害且残留期长，因而从70年代初我们开始进行取代有机氯农药研究。1973年研制成功1605煤渣颗粒剂，1974年开始大面积推广应用。

1605煤渣颗粒剂是目前取代有机氯农药中效果最好的颗粒剂之一。在严重发生年份或严重发生地区，用1%1605颗粒剂防治一次，便可取得良好的防治效果。连续使用2～3年，既可在大面积范围内显著压低虫口并取得十分显著的经济效益。

（2）穗期防治　目前尚无理想的措施。“剪花丝抹药泥”防治穗期螟害，虽然存在着费工等不足之处，但确有一定效果，可以考虑使用。剪花丝抹药泥要在盛丝期（60%以上植株抽出花丝）后6～8天，授粉已基本结束，而集中在花丝基部的幼虫还尚未分散时进行。防治时一人从花丝基部并将苞叶尖端剪下并带出田外处理，剪口稍斜，大小如同贰分硬币；另一人在后边将药泥抹在剪口上。药泥是用90%敌百虫结晶1份、水300份、粘土540份配成。这一方法具有成本低、效果好，对天敌影响小等优点。

十一、主要棉虫

1.棉　蚜

在全国各棉区中，黄淮海棉区是棉蚜危害最严重的地区。棉苗出土后有翅蚜则大量迁入棉田繁殖，一般从5月上旬开始，虫口逐渐上升，为害日趋严重，尤其是三片真叶以前的棉苗，耐害能力较差，受害严重的往往造成死苗，受害较轻的如造成卷叶，也使生长发育推迟，间接影响收成。在6月下旬至7月上中旬，常年还有第二个为害高峰期，俗称“伏蚜”，此时为害严重的常引起两三个果枝上的花蕾全部脱落，造成直接损失。一般在7月下旬以后，由于持续高温和雨季来临，蚜害减轻。棉蚜在棉田内的严重为害期，前后合计可达两个多月，因此在棉虫防治工作中，前期常将棉蚜作为关键性害虫，兼顾其他次要害虫进行综合防治。

棉蚜发生的轻重与种植方式和地块所处的环境均有一定关系，套种作物种类不同，棉蚜发生量差异很大。以套作大麦的棉田蚜量最少。但由于大麦的产量不如小麦，用途也受些限制，目前本区这类套作面积不大。套作小麦的棉田，前期蚜量显著低于单作棉田，一般在5月20日前可以不治蚜，这是本区面积最大的套种方式。而套作芝麻的，前期蚜量比单作棉田高，可能由于芝麻早期苗小，对棉苗起不到屏蔽保护作用。由此看来，选择适当的套种作物，设计合理的种植方式，安排好两种作物的共生期，使套种作物对棉花生长无不利影响，又能减轻棉花蚜害，起到综合防治作用，在实践上是很有意义的。

关于棉蚜的防治。本棉区在50年代即开始大面积喷洒内吸磷治蚜，其后由于抗药性问题的出现，到60年代初改用甲拌磷拌种，较好地控制苗期蚜害，既节省劳力又避免直接杀伤天敌。但根据多年对甲拌磷拌种田药效进行系统调查，结果表明在1971年以前，历年到5月20日拌种田蚜株率均控制在15%以内，麦收前可以不喷药防治。而1972年以

后，到5月20日蚜株率均超过40%，一般在麦收前还要喷药防治一次，说明甲拌磷拌种药效已有所降低。室内应用浸叶浸虫法进行测定，也发现甲拌磷对棉蚜的致死中量浓度（LC_{50}）增加，1978年较1964年测定值提高6倍多，寻找新的防治办法是目前生产上的迫切要求。

为了提高内吸剂处理种子防治苗蚜的效果，本可通过加大拌药量以延长残效，但受药害边际的限制，潜力不大。近几年来试验了多种内吸颗粒剂，在播种时与种子同时施入土中，取得了比较好的防治效果。如1981年每亩均用75克有效成分，在小区比较了涕灭威、呋喃丹和甲拌磷三种颗粒剂的效果，结果表明涕灭威具有最好的初效和残效，到5月20日百株蚜量仍然控制在50头以下。三种药剂的药效顺序为：涕灭威＜呋喃丹＞甲拌磷。

从1982至1984年，河北、河南、山东等地均进行了较大面积的试验和示范，对控制苗期蚜害起到了显著作用。涕灭威和甲拌磷两种药剂还兼有治棉红蜘蛛的作用。目前从农药价格计算，则甲拌磷较合算，在棉蚜一般发生年份，也能达到麦收前不喷药治蚜的目的。过去群众使用颗粒剂，缺乏适当机具，常用开沟条施的方法，既跑墒又费工，且影响播种质量，最近新研制的一种马拉颗粒撒布机，是在安阳耧的基础上改装的，能使播种与撒颗粒同步进行，为大面积安全使用颗粒剂创造了条件。

在用种子处理或颗粒剂防治苗期棉蚜之后，6月至7月中旬，一般棉田尚需喷药治蚜一至二次，此时治蚜药剂种类的选择是一个重要的问题。必须考虑到对天敌的影响，本棉区前期棉蚜的主要天敌为七星瓢虫，根据试验，在有机磷杀虫剂中，伏杀磷对它的安全系数是较高的，其次为磷胺，而以1605的安全系数最低。从治蚜效果看，磷胺具有一定内吸性、在这三种药剂中药效最高，可以优先选用，1605则应避免应用。合成除虫菊酯类杀虫剂对七星瓢虫的安全系数普遍比有机磷杀虫剂高，但这类药剂缺乏内吸性，靠触杀发挥作用，在棉苗小时因不易喷洒周到而治蚜效果不理想。到棉苗长到四片真叶以后应用这类药剂，则能收到较高的防治效果。其中杀灭菊酯对七星瓢虫的安全系数最高（见表15-11），国内能大量生产，价格也较低，可优先选用。

15-11 几种常用农药对七星瓢虫的安全性

供试药剂	对七星瓢虫的毒性LC_{50} (ppm)	田间治蚜常用浓度 (ppm)	对天敌的安全系数
1605	＜15.6	250	0.06
敌敌畏	＜25	400	0.06
甲基1605	29.2	250	0.11
久效磷	31.3	200	0.16
辛硫磷	70.8	250	0.28
乐　果	48.9	250	0.19
磷　胺	102.3	250	0.40
伏杀磷	250	250	1.00
溴氰菊酯	17.4	8.3	2.09
氯氰菊酯	82.8	37.5	2.21
二氯苯醚菊酯	91.2	66.6	1.38
杀灭菊酯	371.5	66.6	5.57

2. 棉铃虫

在黄淮海棉区，棉铃虫是最重要的蕾铃期害虫。它每年发生四个完整的世代，第1代卵盛期在5月上中旬，第二代在6月中下旬，第3代在7月中下旬，第4代在8月中下旬。由于棉铃虫的寄主种类多，作物布局对各代的发生量影响很大。如第1代发生时，棉苗尚小，对棉铃虫的引诱力较差，此时其他作物如豌豆、小麦正值开花结实时期，虫口密

度较大。表15-12是河南新乡七里营的一次调查结果，表明第1代虫口密度以晚熟豌豆田为最大，以单作棉田为最小。但在这12380亩农田中，豌豆田合计面积仅占2.4%，而虫量竟占52%，成为第二代的重要虫源田，是很值得注意的问题。其次是小麦，早熟与晚熟合计面积占52.4%，发生虫量占总数的29.6%，这部分虫口因发生面积大，密度稀而较难于处理。但如从作物布局与防治措施结合起来考虑，压低这一代虫源仍然有很大潜力。

表15-12　不同寄主第1代棉铃虫发生量

作　物	类　型	面积（亩）	虫口密度（头／亩）	估计总虫数	占总虫数%
小　麦	早　熟	4783	19.8	94703	20.57
	晚　熟	1707	24.4	41650	9.08
豌　豆	早　熟	280	723.6	202608	44.01
	晚　熟	14	2625.6	36758	7.98
棉　花	单　作	4538	8.2	37221	8.08
	间豌豆	294	27.4	8055	1.78
	间大麦	764	51.6	39422	8.56

在6～7月间，棉铃虫的主要寄主是棉花，形成相对集中为害的趋势，但此时如有春玉米存在，其花期也和棉铃虫的产卵期相吻合，则玉米上的虫量可高过棉花两三倍，7月上旬同期调查棉花上的百株虫量为4.9头，而晚熟单交玉米上的虫量竟达17.5头。如何利用这种趋性的差异是值得进一步研究的问题。

关于棉铃虫的发生期，根据10多年的田间查卵资料进行分析，发现第2代与第3代之间有一个明显的间歇期，平均18.3天，最短9天，最长24天，在此期间百株卵量均低于3粒，因此在防治上也应该争取在这段时间有个休整阶段。第3代至第4代之间，虽然也有间歇期，但过于短暂，平均仅5.5天，最短的1天，最长的11天，只能因年利用。根据虫情施药，才能得到较高效果。过去应用滴滴涕防治棉铃虫，常提倡在卵盛期施药。近年普遍应用合成除虫菊酯类农药防治，防治适期可以往后推2～3天，在一龄幼虫期喷药。防治指标根据最近的研究，也可以适当放宽。

关于田间棉铃虫的发生量，用卵高峰日百株卵量的高低为指标，对比了新乡25年的发生资料，结果表明：第2代大发生的年份占多数，中发生的年份占其次。对这一代的防治工作不可忽视。第3代则反之，大发生的年份占少数，而轻发生的年份占多数，这可能由于大量降水对其发生不利，同时寄主分散也是原因之一。第4代的情况近似第2代，但全代累计卵量常以第4代为最高，卵盛期拖得时间也长，常因当时气温偏高而需要增加防治次数。

关于棉铃虫的药剂防治，在1958年以后近20年时间内是以滴滴涕为主的，并应用少量有机磷制剂。1971年测定。棉铃虫对滴滴涕的抗性比1964年增加了3～12倍，防治效果降低，其后采取混合用药，使问题得到暂时解决。近年来大量应用合成除虫菊酯类农药，为了降低防治费用，发挥增效和兼治作用，试验了杀灭菊酯与杀虫醚几种混合配方，结果如表15-13。

表15-13　不同混合配方对棉铃虫的毒效

有效成分混合配比		实际毒力	理论毒力	比　值	增效倍数
杀灭菊酯 ：	杀虫醚	LC_{50} (ppm)			
1	12.6	68.0	116.5	1.71	0.71
1	10	62.7	98.2	1.57	0.57
1	6.25	26.8	66.8	2.49	1.49
1	3.75	11.9	45.1	3.8	2.8
1	0	9.9	9.9	1.0	0
0	1	833.0	833.0	1.0	0

在不同配比中，杀灭菊酯与杀虫醚按1：3.75的比例增效最明显，为了便于田间混配方便，按1：4的比例示范推广，同样取得了很好的效果，且可兼治棉红蜘蛛。棉铃虫是本棉区蕾铃期的关键性害虫，其次是棉红蜘蛛，其他还有棉小造桥虫、鼎点金钢钻等，采取混合用药、减少打药次数、统筹兼顾也是比较适宜的。

3.棉田地老虎

本棉区主要危害种类是小地老虎，多在低洼地发生较重，黄地老虎在个别年份也可大发生，其为害面积则较小地老虎普遍。在六六六停用之后，可采用0.1%辛硫磷毒土或0.1%敌百虫毒土防治，经室内和田间试验，都证明效果较好。用菊酯类农药1000倍叶面喷雾也有效，但要在幼虫吃透棉叶之后才显效。

第十六章　黄淮海平原畜牧业生产和发展

随着人们生活水平的日益增长，粮食结构已逐渐发生变化，要求增加食物中的肉食和奶制品，满足人们对蛋白质的需要。因此，大力发展养殖业已具有广阔的消费市场。畜牧业是农业的重要组成部分，畜牧业的发展水平，在一定程度上反映整个农业的生产水平。

第一节　发展畜牧业的意义

黄淮海地区是我国重要的畜牧业基地之一。全区畜牧业产值占全国畜牧业总产值的将近四分之一。该地区畜牧业的兴衰对全国有举足轻重的影响。

从世界各国农业发展的历史来看，主要有二条经验，一是要保持自然环境和生物系统的动态平衡；二是要不断满足社会经济发展和人民生活日益改善的需要。

世界上发达国家的畜牧业在国民经济中都占有相当重要的地位，畜牧业产值在农业总产值中所占的比重都相当大。相比之下，我国畜牧业在农业中所处的地位是很低的。而黄淮海地区又低于全国平均水平，畜牧业产值只占农业总产值的12%。大力发展畜牧业就显得更加重要。

黄淮海地区人口密集，耕地少，有丰富的劳力资源，有条件将比较多的劳力投入到相对来说技术和劳力比较密集的畜牧业中去。这也是农业生产发展的一种必然趋势。

随着农业劳动生产率的不断提高，将有越来越多的农民离开土地，大批剩余劳动力需要安置。畜牧业就是其中一条很好的出路。如山东省泰安地区有剩余农业劳动力80万人，占农业劳动力的40%。他们就大力发展畜牧业，发展畜牧专业户。到1982年已经发展到16.2万户，占总农户的13.1%。安排劳动力25万，占剩余劳动力的31.3%。

本地区种植业发达，农产品丰富，但占产品总量近四分之三的农副产品是人所不能直接利用的。而这些农副产品只需要经过简单的加工甚至不需经过加工就可以作为饲料直接为牲畜所利用，转化为人所需要的畜产品。人不能直接食用农副产品的原因主要是粗纤维含量高。人对粗纤维的消化能力很低，而家畜特别是牛、羊等反刍动物对粗纤维有较强的消化能力。

据不完全统计，黄淮海地区每年生产各种作物秸秆约8千万吨。可作3500万头黄牛一年的饲草需要。榨油工业的副产品油粕含有丰富的蛋白质，是优良的蛋白饲料，价格较低，棉籽饼和菜籽饼更便宜。这些饼粕是配合饲料中不可缺少的成分。试验证明，在猪饲料中加入合理配比的饼粕，每100公斤饼粕可使猪多增重26～28公斤。另外，饲料中含20%豆饼时，猪粪中的含氮量可提高70～100%，肥效大大增加。据计算，每100公斤豆饼喂猪所产的粪作肥料，可以增产玉米81公斤。黄淮海地区年产各种油粕约31亿公斤，目前利用作饲料的仅10～20%，如果将其余的80%也用作饲料，则可多生产配合饲料100多亿公斤，能多养5千万头猪。

发展畜牧业是提高人民生活水平、改变膳食结构、满足人民对蛋白质等的营养需要、提高全民族体质的主要途径。

人所需要的动物性食品主要来自畜产品。肉、蛋、奶具有较高的营养价值。动物性食品中蛋白质不但含量高，而且品质好，含有人们所必需的各种氨基酸。还有丰富的矿物质和微量元素，如钾、钠、钙、镁、磷、钴、铜、铁、锌等等。动物性食品还提供各种维生素。

迄今我国畜牧业不发达，肉、蛋、奶生产量低，人民仍以吃植物性食品，即素食为主，肉、蛋、奶的人均占有量和消费量大大低于发达国家，甚至低于世界平均水平（见表16-1）。

表16-1 各国人均占有畜产品量

单位：公斤

国家	肉	蛋	奶
全世界	32	6.2	106
中国	12.7	3	1.6
美国	77.2	18	255.2
法国	71.6	15	629.6
日本	16.3	17.1	56
苏联	47.2	14.3	340.4

发达国家人民每天从食物中摄取的热量很高，蛋白质比较多，其中大部分来自动物性食品。相比之下，我国人民每天摄取的热量不足，蛋白质少，而且基本上来自植物性食品。这是我国人民身体素质比较差的主要原因。

我国绝大多数人把肉、蛋、奶等动物性食品作为副食品。这是生活水平低的一种表现，也是畜牧业不发达，畜产品少的结果。随着社会生产力的发展，人民经济收入的逐步增加，对食物的质量要求越来越高，即要求吃得越来越好。对畜产品的需要将不断地增加。营养学家提出，为了保证人民健康的基本需要，到本世纪末应该做到每人每天摄取2.74兆卡的热量和82克的蛋白质，分别比目前的水平提高11%和26%。所增加的部分，特别是蛋白质将主要依靠动物性食品。

发展畜牧业可以大幅度提高产值。在粮食问题基本得到缓解后，可以而且应该拿出一部分土地和粮食用作发展畜牧业。黄淮海地区种植的粮食以小麦、玉米为主，间以水稻和小杂粮。包括复种，一般每亩土地年产粮食400～500公斤，相当于生产25～30公斤蛋白质，800～1000兆卡热能。而在同样的土地上种植饲料，例如种青贮玉米和青刈大麦每年2茬，可生产青贮玉米和青刈大麦共5000公斤，用这些青饲料养奶牛可以转化为1500公斤牛奶。相当于52公斤蛋白质和1120兆卡热能，产值530元。蛋白质、热能和产值分别比单种粮食提高1倍、10～40%和3～6倍。另外，饲料作物利用期弹性大，可以在不同生长阶段收刈利用，一年可以种植2茬以上，还可以间种套种。或者不改变作物种类，仍然种粮食，但把所产粮食养鸡，进行一次转化。每亩400～500公斤粮食养蛋鸡可生产鸡蛋170～200公斤，产值425～500元，增值2.5～3倍。

北京房山县豆店村几年来重视畜牧业，使全村面貌发生很大变化。农业总产值由1977年的97万元提高到1983年的830万元，人均2千元；畜牧业所占比重由1977年的3%提高到1983年的40%；交售肉蛋由1977年的2.5万公斤增加到1983年的60万公斤。畜禽多，肥料也多，粮食单产大幅度提高，由1977年亩产383公斤提高到1983年的800公斤。河北大厂县搞肉牛肥育，1983年全县产粮3.99万吨，人均491公斤。全县养肥育牛1.2万头，生产优质牛肉2千多吨。为国家提供税利140万元，占全县财政总收入的25%，养牛户获纯利60万元。每养1头牛国家和个人可获利约200元。

畜牧业可为工业提供重要的原料。我国农业为工业提供的原料约占整个工业所需原料的40%。畜牧业是其中一个重要的原料来源，为工业提供乳、肉、蛋、毛、皮、骨、油脂等等。

黄淮海地区以畜牧产品作原料的工业比较发达。毛纺工业在全国居重要地位，每年需原毛6.5万吨，而本区产原毛，包括山羊毛绒只有6400吨，远远不能满足本区毛纺工业的需要。本区还有占全国总数60%的地毯厂，但因地毯毛不足，生产和出口都受严重的影响。如河北40家地毯厂，1980年本省只能自给地毯毛300吨，仅占需要量的12.5%。所以本区发展养羊业有重要的意义。

此外，本区还有很多具有相当生产能力的制革厂、肉联厂、食品罐头厂、乳品加工厂等，这些企业都需要大量的优质畜产品为原料。

畜产品是重要的出口创汇物资。黄淮海地区有多种传统的著名出口畜产品。如山东省济宁等地的青山羊羔皮，俗称“猾子皮”；黄河和海河之间出产的白山羊皮；肉嫩味美的鲁西黄牛，俗称“山东膘牛”等均为驰名畅销的名牌出口产品。1980年出口“猾子皮”80万张，占全国出口的90%，白山羊皮1000万张，占全国的三分之二以上。每年还出口活牛近六万头，占全国出口活牛总数的四分之一以上，出口鲜蛋五千多万斤，占全国的一半以上。仅活畜、冻肉、鲜蛋、皮张4项出口产品就每年为国家换取外汇2.46亿美元。

畜牧业为种植业提供优质有机肥料，促进种植业发展。据测定，每头猪平均每年排粪550公斤，尿1100公斤；每匹马每年排粪5475公斤，尿1825公斤；每头牛排粪7300公斤，尿3900公斤。

猪、马、牛粪尿的肥分含量如表16-2。

表16-2 猪、马、牛粪尿肥分含量表（%）

类别	成份	水分	有机质	氮 (N)	磷 (P_2O_5)	钾 (K_2O)	钙 (CaO)
猪	粪	82	15.0	0.56	0.40	0.44	0.09
	尿	96	2.5	0.30	0.12	0.19	—
马	粪	76	20.0	0.55	0.30	0.24	0.15
	尿	96	6.5	1.20	0.01	1.50	0.45
牛	粪	83	14.5	0.32	0.25	0.15	0.34
	尿	94	3.0	0.50	0.03	0.65	0.01

（林祥金：我国的畜牧业经济问题）

把每年的排粪尿折成100%含氮量，则猪排6.4公斤，马52公斤，牛42.8公斤，羊估计也有4公斤。再折算成硫酸铵，则相当于每年1头猪生产30.5公斤，每匹马生产250公斤，每头牛生产206公斤，每只羊生产20公斤。

根据黄淮海地区的家畜拥有量推算，全区的猪每年生产相当于167万吨硫酸铵肥效的有机肥，马、驴、骡生产143万吨，牛生产146吨，羊生产64万吨。合计全区的家畜每

年可为种植业提供相当于520万吨硫酸铵的优质有机肥。

有机肥的优点很多，它含有植物生长所需要的多种元素，有些成份是我国目前使用的化肥中所不含有的。多施用有机肥料可以提高土壤中有机质的含量，能改良土壤的结构，增加土壤的肥力，可以防止土壤的盐碱化或减轻盐碱化的程度。

第二节　畜牧业现状与发展条件

本区地处中原，地理、交通、气候条件都较好。但除了少数大城市外，大部分地区工业基础较差，财力也有限，对畜牧业的投资很少。对畜牧业的基建投资只占对农业基建投资的1%左右。畜牧业生产装备落后，除了少数现代化畜牧场外基本上没有什么专用设备。普遍缺乏先进的饲养技术，管理方式落后。畜牧业一直处于从属于种植业的副业地位，长期停留在自给、半自给的家庭经济状态。生产水平和劳动生产率都很低。虽然近几年来已出现一些现代化的饲养场、饲料厂，发展了一批畜牧专业户。但毕竟所占比重还很小，还没有从根本上改变畜牧业的原始状态。

虽然本区畜牧业目前还比较落后，但必竟有一定的基础，也有良好的发展条件和潜力。

一、饲 料 资 源

本区地少人多，虽然农业发展历史悠久，有精耕细作的传统，但以人均计算粮食产量水平仍然不高，能用来作饲料的粮食目前还不会太多。1980年全区用作饲料的粮食约有920万吨，相当于当年全区粮食总产量的12.6%。

1980年全区生产各种油脂饼粕310万吨，其中棉籽饼125万吨，花生饼103 万吨，豆饼38.5万吨，其他饼粕43.5万吨。

本区种植苕子、金花菜、草木樨等绿肥作物1660万亩，年产绿肥鲜草2500万吨，绿肥也是含蛋白质丰富的优良青绿饲料。种植青饲料204万亩，年产青绿饲料530万吨。河北、山东、河南等省历来就有种苜蓿的习惯，种植面积最多时达百万亩以上。

本区家畜的主要饲料是糠、麸等粮食加工副产品，农作物秆秸，一部分谷物粮食、薯类和油脂饼粕等。

二、家畜品种资源

黄淮海地区有适宜多种家畜生长繁殖的优越的自然条件，有悠久的畜牧业发展历史，再经过劳动人民多年的精心培育，在本区形成了一批具有独特生产性能的、适应当地生态条件的优良畜禽品种。最主要的有以下几种：

1.黄 淮 海 猪

黄淮海猪分布在苏北、皖北、山东、河北、河南等广大地区，包括淮河两岸的淮猪、河北的深县猪、山东的莱芜猪等。现在黄淮海猪总数约有30多万头。其中淮猪占61%，深县猪占24%。淮猪成年公猪平均体重为126.3公斤，成年母猪113.9公斤。母猪平均每窝产仔12.84头，产活仔11.86头。淮猪育肥期日增重最多可达到434克，屠宰率71.2%，胴体瘦肉率44～45.5%。深县猪成年公猪平均体重为150～200公斤，成年母猪100～150

公斤，平均每窝产仔12.8头。育肥期日增重高的可达434克，屠宰率72.8%，瘦肉率41.3%。

2.新 淮 猪

新淮猪是建国后培育的新猪种，1977年育成于江苏淮阴地区。1981年有纯种母猪15万头，杂种猪150万头。新淮猪成年公猪平均体重244.2公斤，成年母猪185.2公斤。新淮猪繁殖力较强，母猪平均每窝产仔13.23头，产活仔11.57头。新淮猪肥育性能较好，育肥至195日龄体重达84.11公斤，日增重533克，屠宰率72.65%。新淮猪和国外优良猪种杂交，肉用性能大大提高。如和苏白猪杂交一代，195日龄达到103.2公斤，日增重648克，屠宰率76.35%。新淮猪耐粗放饲养，能适应多种青粗饲料，适应放牧。

3.北 京 黑 猪

北京黑猪是我国在60年代开始培育的新猪种。主要分布在北京郊区各区县，现有种母猪1万2千余头。北京黑猪是肉脂兼用型猪种，3岁公猪平均体重为262公斤，母猪220.8公斤。母猪平均每窝产仔11.52头，产活仔数10.33头。北京黑猪生长速度快，肥育至90公斤时，平均日增重609.9克。北京黑猪能表现出较好的杂交优势。中国农业科学院畜牧研究所和北京市畜牧兽医研究所用北京黑猪作母本，分别与长白猪、大白猪和长白猪、杜洛克猪进行三元杂交产生的“大长北”和“杜长北”商品猪的肉用性能大大提高。平均日增重分别为679克和622.8克，屠宰率分别为72.26%和75%。瘦肉率分别达到58.9%和58.2%。

4.大 尾 寒 羊

大尾寒羊主要分布在河南中部、河北东南部和山东聊城地区。现有45万只左右。大尾寒羊是一个具有特殊生产性能的绵羊品种。长有一个肥大的脂尾，一般能到飞节以下，最重能有35公斤。成年公羊平均体重72公斤，最大可达105公斤。成年母羊52公斤。2～3岁公母羊屠宰率为62～69%，净肉率46～57%。脂肪多，占净肉的44%，集中在尾部，躯干部位脂肪很少。大尾寒羊被毛品质好，是毛纺工业的好原料。公羊毛长10.4厘米，母羊10.2厘米。公羊剪毛量3.3公斤，母羊2.7公斤。大尾寒羊繁殖力强，母羊多属双羔，平均产羔率185～196%。

5.小 尾 寒 羊

小尾寒羊产在河南东部的新乡、开封，山东的荷泽、济宁等地区，以及河北南部，江苏北部，淮北等地。小尾寒羊生长发育快。一周岁的公羊体重能达到72.8公斤。成年公羊体重平均94.2公斤，成年母羊48.7公斤。产肉性能好，屠宰率55.6%，净肉率45.9%。小尾寒羊被毛品质好。公羊毛长13.3厘米，剪毛量3.5公斤；母羊毛长11.5厘米，剪毛量2.1公斤。小尾寒羊繁殖力高，母羊产羔率177～261%。最多有一胎七羔的。小尾寒羊大部分被杂交改良为细毛羊和半细毛羊。

6.青 山 羊

青山羊产于山东省荷泽、济宁两个地区，在临近的安徽、河南部分地区也有饲养。青山羊是世界著名的羔皮用山羊品种。它的羔羊板皮俗称“猾子皮”。“猾子皮”由黑白二色组成，毛色好，光润，又有美丽的花纹，深受国际市场的欢迎，是重要的出口创汇物资。青山羊体重不大，成年公羊仅30.3公斤，母羊25.9公斤。青山羊性成熟早，母羊6月龄即可配种。繁殖力强，母羊年产2胎或2年3胎，平均产羔率293.7%，最高峰的

第五胎产羔率可高达410.3%。青山羊生长发育快，适应性强，耐粗放饲养，遗传性稳定，性情温驯易管理。青山羊是一种很有经济价值和发展前途的山羊品种。

7.黄 淮 山 羊

黄淮山羊主要产在河南、安徽、江苏三省交界处。现有710万只。黄淮山羊属中型山羊品种。成年公羊体重33.9公斤，母羊25.7公斤。该品种山羊板皮品质好，油润光亮，皮质致密，拉力强，弹性高，是优良的制革原料。国际上高级的“京羊革”，“苯胺革”大多取自黄淮山羊皮。黄淮山羊性成熟早，4～5月龄的母羊就可以配种。繁殖率高，母羊1年2胎或2年3胎，每胎1～4羔。产羔率227～238%。

8.南 阳 牛

南阳牛是一种大型黄牛品种，主要产于河南省南阳地区。现有80多万头。南阳牛成年公牛平均体高145厘米，体重648公斤；母牛体高126厘米，体重412公斤。该品种牛役用性能良好。公牛最大輓力有398公斤，耕地速度每秒0.8米。大犍牛每日每头可耕地4～6亩。輓车速度每秒1.1～1.4米，载重1～1.5吨，日行30～40公里。南阳牛肉用性能也很好，以粗饲料为主肥育小公牛1.5岁体重可达到442公斤，日增重813克，屠宰率55.6%，净肉率46.6%。以精饲料为主强度肥育的阉牛，屠宰率可达64.5%，净肉率56.8%。南阳牛是全国著名的地方优良品种。体高力大，行动迅速，肌肉发达，肉质良好，适应性强，耐粗放饲料，性情温顺，历来是农业生产的优良动力，并且有向乳肉兼用或肉用方向发展的良好条件。

9.鲁 西 牛

鲁西牛是我国著名的黄牛品种之一。主要产于山东荷泽、济宁两个地区。现有40万头左右。鲁西黄牛体格高大。成年公牛平均体高146厘米，体重644公斤；母牛体高124厘米，体重366公斤。该品种役用性能良好。平均最大輓力229公斤，公牛和阉牛每日能耕地5～6亩，母牛3～4亩。鲁西黄牛以优良的肉用性能闻名。皮薄肉细，肌肉内脂肪分布均匀，呈明显大理石状花纹。成年牛平均屠宰率58.1%，净肉率50.7%。历史上以“山东膘牛”驰名国际市场，畅销海外，是山东主要出口换汇物资之一，在当地农业经济中占有重要地位。

10.德 州 驴

德州驴主要产于山东北部、河北东部沿渤海各县。现约有8万头左右。德州驴体格高大，公驴平均体高136厘米，体重365公斤，最高的有155厘米。速度快，輓力大，最大輓力占体重的75%以上。该品种性情温驯，抗病力强，对饲养条件要求不高，比牛和马容易饲养。德州驴遗传性能稳定，繁殖驴骡、马骡都能表现明显的杂交优势。被国内外很多地方引作种驴。

11.北 京 鸭

北京鸭是我国，乃至世界著名的肉鸭品种。原产北京郊区，现在全国各地均有饲养，在国外也广为分布。世界各国的肉用鸭几乎都是北京鸭或是北京鸭的杂种鸭。北京鸭体型硕大，背宽平，胸部丰满。经过中国农业科学院畜牧研究所等单位选育的鸭群，成年公鸭平均体重3.65公斤，母鸭3.57公斤。商品肉鸭49日龄达到2.99公斤。

北京鸭生长速度快，主要用于生产填鸭。半净膛屠宰率83%，全净膛屠宰率77%，胸腿肌重占胴体的22%。填鸭是闻名中外的北京烤鸭的原料。北京鸭繁殖能力强，年产蛋

200～240枚，蛋重90～95克。一般生产场每只母鸭平均每年能生产80只左右肉鸭。

三、畜牧业发展情况

本区耕地少，劳力资源丰富，畜力是农业主要动力来源之一。平均每头役畜大约负担25～30亩耕地。由于中国社会经济条件的特点，在相当长的一段时期内这种状况不会有根本的改变。我国没有条件，也没有必要走某些发达国家的“石油农业”的道路。即使以后农业机械多了，能源充足了，畜力仍是不可缺少的辅助动力。“机、马、牛”相结合的形式将在我国长期存在。本地区的大牲畜数量相对来说并不多，耕地面积约占全国的五分之一，但家畜的数量只占全国的13%。

表16-3　黄淮海地区大家畜数量和结构

畜　　别	数　　量　（万头）		母　畜　数　量　（万头）	
	本　区	占全国同类的(%)	本　区	占本区家畜的(%)
黄　牛	660.85	12.26	184.31	28.63
奶　牛	7.45	12.13	3.1	41.61
水　牛	42.07	2.27	13.29	31.59
马	177.91	16.11	63.57	35.73
驴	253.47	32.41	61.51	24.47
骡	137.8	32.84	/	/

由表16-3可以看出，本区牛数量较少，特别是水牛更少，而马、驴、骡比较多，特别是驴、骡。本区大家畜数量虽少，但质量较高。如前所述的南阳牛、鲁西牛、德州驴等都是国内外知名的良种，在一定程度上弥补了数量上的不足。

黄淮海地区的养牛业除了主要为种植业提供动力、肥料，少量产肉外，近年来逐渐开始向集约化的专业肉牛生产过渡。如河北省大厂县搞肉牛育肥，供应京津市场，初步形成了肉牛商品生产基地的经验已经引起了不少地方的兴趣。

1.黄淮海地区的养猪业在畜牧业中占最重要的地位

建国以来发展很快，养猪数量增加6倍以上。全区1980年存栏猪5463万头，占全区各类家畜总数的55%以上，养猪产值占畜牧业总产值的81%，猪肉产量占全区肉类总产量（不包括禽肉）的94%。猪肉是最主要的畜产品，也是最基本的肉食产品。1980年全区出栏肥猪3172.19万头，出栏率58%，全年生产猪肉239.2万吨。国家收购商品猪2574.5万头，占出栏肥猪的81.16%。商品率是很高的。本区猪肉产量占全国总产量的21%，养猪的出栏率低于全国平均水平，人均养猪数也不多。虽然肥猪的出栏毛重较大，平均有110公斤，但全区人均占有猪肉量只有10.7公斤，还是低于全国平均水平。

1980年河南息县、正阳、南阳等几个出口基地县共出口活猪47.69万头，占全国出口总数的18.5%，创汇4392.6万美元。

1980年全国国内猪肉调剂总量为76.55万吨，其中黄淮海地区调出49.3万吨，占64.6%。除了调给京、津两大城市外，调往外区的有35.4万吨，可见本区的消费水平是

不高的。

2.本区养羊业发展很快

建国以来羊的数量增加9倍，其中绵羊数量增加11倍以上。本区山羊的数量占全国的26.1%，绵羊占全国的9.3%。说明本区是一个适宜养羊，特别是养山羊的地区。驰名中外的济宁青山羊的“猾子皮”，黄淮山羊的板皮构成了本区山羊业的特色。仅河南一省年产的山羊皮2千余万张。每年出口“猾子皮”和白山羊皮能创汇4400万美元。

绵羊数量虽然不太多，但质量高。改良羊占51%，高于全国33%的平均水平，平均每只羊剪毛2.8公斤，也高于全国1.45公斤的平均水平。

养羊业以河南省发展最快。1965年全省羊毛收购量只占全国总数的2.19%，居第12位。而到1978年收购量就已占全国的7.31%，一跃而居第4位。

养羊也是本区重要的肉食来源。全区一年出栏肉羊1351万只，产肉12.2万吨，占全区肉类生产总量的4.8%，仅次于猪肉。

养羊业的产值占本区畜牧业总产值的9%，养羊是大有发展前途的行业。

3.本地区的饲料工业近年来发展很快

由于粮食产量连年增加，在解决农民温饱问题的同时可以拿出部分的粮食用来转化为畜产品。饲料工业有了一个比较可靠的原料基础。各地纷纷建立各种规模的饲料加工厂。饲料工业的发展使畜牧业逐渐由家庭经营向专业化经营转变。由副业向主业转变，由自给自足向商品化转变。

河北省遵化县建有中小型饲料加工厂22座。1984年生产配合饲料2万吨，促进了畜牧业发展。该年全县畜牧业总收入5950万元。全县出栏肥猪21.7万头，其中商品猪18万头。生产商品蛋4000吨，肉牛1500头，肉羊2万余只。畜产品的商品率为90.3%。畜牧业产值占农业总产值的比重由1978年的9.9%上升到19%。畜牧业的专业化生产提高了生产水平，猪的出栏率由1978年的38%上升到1984年的82.6%。

依靠饲料工业而发展的畜牧专业乡、专业村、专业户越来越多。遵化有一个畜牧专业乡1984年畜牧业总收入四百多万元，占农业总收入的40%。

第三节　发展畜牧业的途径与技术

黄淮海地区虽然具备了发展畜牧业的有利条件，但目前本区畜牧业生产水平不高，因此，提高畜牧业在农业中的比重，促进农牧业生产良性循环，是黄淮海地区农业建设中的重要任务。随着国民经济的发展，加速发展本地区畜牧业，应采取以下主要途径。

一、发展畜牧业的主要途径

1.调整农业结构，切实贯彻农牧结合的原则

发展畜牧业，饲料是物质基础。由饲料转化为畜产品的转化率仅为8～20%，这就是说有80～90%的饲料在转化过程中被家畜排出和转化成热量而散失。所以发展畜牧业必须有足够的饲料，而只有大力发展农业生产，饲料供应才能得到充分保证。从这种意义上讲，畜牧业发展受农业生产水平所制约，处理好农牧关系，畜牧业发展才有扎实的基础。

2.调整畜牧业结构，重视发展草食家畜

从本地区农牧业生产实际情况出发，发展畜牧业的方向是：在以农养牧、以牧促农、农牧结合的方针指导下，保证养猪业稳步增产，同时要大力发展牛、羊、兔等草食家畜；要因地制宜发挥本地区畜禽地方良种的优势，努力提高畜产品质量，重视畜产品加工，提高饲养畜禽的经济效益，逐步使畜牧生产向社会化、商品化、专业化方向发展。

本地区农业生产发展受自然灾害影响较大，在相当长的时间内粮食产量不可能有大幅度的增长，用作饲料粮的比重也不会提高很大，大量饲养要消耗较多粮食的猪、禽等家畜是有困难的，必须大力发展牛、羊等草食家畜，充分发掘本区在饲草资源上的优势。

3.发展饲料生产，建立饲料工业

要发展本地区的饲料生产，建立巩固的饲料工业基地，必须认真抓好三件事，即：挖掘饲料生产潜力，合理利用农作物秸秆和饼粕类饲料；建立饲草生产基地；大力发展饲料工业。

4.加强畜禽品种的育种工作，建立良种繁育体系和禽畜商品生产基地

利用杂交优势增产畜禽产品，已成为当今畜牧业生产中普遍采用的技术措施。世界上畜牧业发达国家的商品猪、蛋鸡和肉鸡生产中，几乎70～80%是杂交种。因杂交种不仅生产性能良好，生活力也强。但要有计划有目的地搞好经济杂交工作，关键在于抓好畜禽品种的育种工作，只有建立起完整的畜禽品种繁育体系，才能把畜禽品种的选育工作和杂交利用有机地结合起来，产生经济效益和社会效益。

本地区有较丰富的畜禽品种资源，如鲁西黄牛、青山羊、小白羊、北京鸭等，都是传统的外贸出口商品，在国际市场上享有信誉。本区每年所生产的冻兔肉，占全国出口量的80%以上，是我国冻兔肉的主要出口基地。对上述已经开发利用的畜禽资源要加强生产基地建设，目前开发利用不够或尚未开发的畜禽品种资源，应组织有关部门制订保种和开发计划，分期分批的把计划付诸实施。

5.加强技术推广工作，健全防疫、检疫体系

本地区畜牧业发展很不平衡，其主要原因是科学技术密集在大、中、小城市，广大农村仍然缺乏科学知识，缺少人才。必须有计划、有组织地采取相应的措施，把科学技术普及到广大农村。

总之，加速发展黄淮海地区畜牧业，途径是多方面的，它涉及到农林牧副渔业间互为依存，协调发展，是需要组织多学科互相配合，协作攻关才能实现。现从畜牧科学范畴，提出加快发展本地区畜牧业的几项技术措施。

二、发展畜牧业的技术措施

1.饲料资源的开发与利用

本地区现阶段饲养业存在的主要问题是畜禽饲料供应紧张，但另一方面却存在饲料的极大浪费，因此，开发和利用饲料资源是发展畜牧业迫切需要解决的问题。

本地区可利用的草山、海滩、湖滩地有2500多万亩，原先野草繁茂，历来是牛、羊等草食家畜的天然牧场。自本世纪60年代以后，由于草地经营无计划，草场严重退化，

目前草资源仅利用三分之一，其余尚未利用。为了提高天然草场的产草量和改善草质，从而可以进一步提高载畜量，应采取以下技术措施。

①利用荒滩、荒地种植牧草。本地区的草山、草坡、海滩和湖滩地多数系花碱、砂姜黑土和沙荒地，土壤瘠薄，水土流失严重。根据荒滩、荒地的具体情况，一般可采取封滩育草，补播牧草和培育人工草场等技术措施。牧草播种技术概括为：用于收刈青草或调制干草的牧草，常用一种牧草种子单播；用于放牧的牧草，则通常采用豆科牧草和禾本科牧草混播。播种方法以有一定行距的条播为好，但撒播速度快，适于在地形复杂的地区实施。多年生牧草单播时，播种期不很严格，春、夏、秋季都可播种；一年生牧草以春播较好。播种量随牧草品种、净度、发芽率和土壤水分状况而不同。

②扩大绿肥作物的播种面积。种植绿肥作物除解决家畜青饲料外，还是改善土壤结构，提高土壤肥力，巩固盐碱地改良效果的有效措施，应逐步将绿肥纳入粮草轮作制。一般种植的绿肥作物有苕子、田菁、紫云英、金花菜、柽麻等。此外，农田间隙地的野草资源应该充分重视，加以利用；对林带间隙地，林网路边的树行间都可种植适宜的牧草，实行林草间作，以牧养林。

2.加工调制饲料，提高饲料营养价值

本地区除了每年生产300多亿公斤绿肥鲜草和青绿饲料外，每年产各种农作物秸秆750多亿公斤；年产饼粕类饲料30.44亿公斤。目前秸秆用作饲料的十分有限，即便是饼粕类饲料，实际用作饲料的也只占10～20%，说明挖掘农作物秸秆和饼粕类作饲料的潜力是很大的。现介绍几种加工调制饲料的方法，使农作物秸秆和饼粕类饲料能得到合理利用。

（1）青干草的调制　青干草是舍饲或半舍饲的牛、马等草食家畜饲料中蛋白质、维生素和矿物质等营养物质的重要来源。优良的青干草质地柔软，气味芳香，适口性好，

表16-4　青干草与其他饲料的营养价值（以牛饲料为例）

饲料分类	饲料名称	干物质（%）	可消化粗蛋白质（%）	可消化总养分（%）	代谢能（兆卡／公斤）
牧草	苜蓿鲜草（花期）	25.9	4.4	16.8	0.61
	苜蓿干草（中期）	91.4	10.2	49.1	1.78
	苜蓿草粉	90.7	13.8	54.3	1.96
	雀麦青草（花期）	37.5	2.8	26.1	0.94
	雀麦干草（花期）	91.4	3.7	40.6	1.47
精料	黄玉米	87.0	6.5	77.3	2.79
	大麦	89.0	8.5	71.9	2.60
	豌豆	89.5	23.8	74.3	2.69

不仅各种营养成分的含量多，而且消化率高，其营养价值可接近于精料，如表16-4。

目前调制青干草以风吹日晒方式为主，选择适宜天气至关重要，如遇雨天，要加强管理，防止霉烂，减少损失。

（2）青贮饲料的调制　青贮饲料是人工调制的多汁饲料，是反刍家畜冬春季节的必备饲料。凡是能充作家畜饲草、饲料的青绿植物的茎叶或块根、块茎等多汁饲料都可作为青贮的原料，但以含碳水化合物多的原料（如禾本科植物）青贮时，产生乳酸多，容易成功，反之含粗蛋白质多的原料（如豆科牧草）青贮时，因中和碱性元素需要的糖量多，而本身的含糖量少，达不到青贮时的最低含糖量，青贮就困难。生产实践中常将豆科植物和禾本科植物按一定比例混合，或与一定量的糖浆、含淀粉多的小块马铃薯、白薯混合进行青贮，能取得良好的结果。调制青贮饲料的技术要点是：

①收割时期：青贮饲料的营养价值除了与原料有关外，适时收割是影响质量的关键。禾本科牧草的适宜收刈期为糊熟期到黄熟期，而豆科牧草在孕蕾期收割较合适。

②保持原料的青绿和新鲜：收刈的原料尽量减少曝晒，避免堆积发热，当天运到窖边的原料应当天贮完。

③掌握原料的含水量：青贮原料含水量直接影响青贮品质，一般要求原料含水量在70～75%为宜。

④原料的切碎程度：原料装窖前一般均需切碎，程度随原料性质而不同，以细碎者为佳。

⑤原料的压实：原料装窖后必须层层压实，特别要注意靠近窖壁、窖角处，压实的目的在于排出原料空隙中存留的空气，造成有利于乳酸菌繁殖的厌气条件。

⑥青贮窖的封顶：原料装满窖压实后盖一层细软的青草，草上盖一层塑料薄膜，用泥土将顶封严。

在制做青贮饲料时，为提高营养价值还可在原料中加入下列添加剂：

糖分：豆科牧草单独青贮时，为提高原料中糖分含量，给乳酸发酵创造良好条件，可添加糖蜜，为原料重量的1～3%；粉碎谷类为3～10%。

蚁酸（浓度85%以下）：又名甲酸，添加蚁酸可保存饲料营养价值和提高青贮品质，其添加量：禾本科牧草0.3%，豆科牧草0.5%，混播牧草0.4%。

甲醛：又称福尔马林，用于含蛋白质较多的饲料和调制供饲喂牛羊的青贮饲料时添加。添加量：按青贮原料的干物质含量添加1.5～3%甲醛（浓度40%）。

尿素：可作为反刍动物的蛋白质饲料的代用品。一般青刈玉米添加量在0.6%以内；薯类在1.2%以内。

调制青贮饲料除采用各种类型的青贮窖外，尚可采用堆贮、塑料袋贮等方式。

（3）提高棉、菜籽饼利用率　本地区蛋白质饲料非常缺乏，长期以来广大农村又将棉、菜籽饼等饼粕类用作肥料，白白地浪费了饲料资源。据化验分析，棉籽饼一般对猪的消化能为每公斤2.6～2.7兆卡，含粗蛋白质在33～36%，棉仁饼含粗蛋白质在40%左右，同时还富含赖氨酸和脂肪、维生素、钙、磷等营养物质。菜籽饼一般对猪的消化能每公斤2.8兆卡，含粗蛋白质在36～38%，而且蛋白质中氨基酸含量比较完全。但含有棉酚、芥子甙等毒素，对猪、鸡等单胃动物尤为敏感。棉、菜籽饼用作饲料时只要控制使用比例，不经脱毒处理，也不会发生中毒事故。据多年实验证明，在产蛋鸡日粮中，游

离棉酚控制在0.001%以下，热榨棉仁（籽）饼可配比3～4%；鸡日粮中恶唑烷硫酮安全量为50ppm，白菜型菜籽饼的安全配比为8%，产蛋量可达240枚以上。现介绍几种适于农村采用的棉、菜籽饼脱毒方法：

①棉籽饼脱毒法：A.硫酸亚铁水溶液浸泡法。如用1%硫酸亚铁配制水溶液浸泡时，将1.25公斤工业用硫酸亚铁，溶于125公斤水中，浸泡50公斤粉碎的饼粕，中间搅拌几次，经一昼夜即可饲用。B.水煮法。将粉碎的棉籽饼，加适量水煮沸，经常搅动，保持沸腾半小时，冷后饲用。C.制油过程中，高水分蒸炒去毒。在制油工艺中进一步降低棉籽饼粕中游离棉酚含量，在供电、供气正常时，高水分蒸炒可使含毒低于0 04%。

②菜籽饼脱毒法：A.土埋法。挖1立方米的坑（土含水量为8%左右），铺上草席，把粉状菜籽饼加水（1：1）浸泡后装进坑内，两个月后即可饲用。B.氨、碱处理法。氨处理法：以100份饼粕（含水6～7%）加含7%氨的氨水22份，均匀喷洒到饼粕中，然后闷盖3～5小时，再放进蒸笼中蒸40～50分钟，蒸后再炒干或晒干。碱处理法：每100份饼粕加含纯碱14.5～15.5%的溶液24份，后同氨处理法。

（4）合理利用农作物秸秆　为了使本地区大量农作物秸秆用作饲料，并通过加工调制，改变理化性状，提高其营养价值，需要采取下列措施。

①解决农村燃料问题，节省秆秸用作饲料　解决农村燃料问题要本着因地制宜，就地解决的办法。通过营造薪炭林、挖掘小煤窑、建立水力发电站、推广沼气、利用太阳能等途径，解决能源问题，也可以从改造炉灶，提高热效率，节省秸秆燃料。

②秸秆的加工调制。大致可分为物理处理，化学处理和微生物处理。

物理处理：这是常用的一种处理，一般有切碎、粉碎、颗粒饲料、调制草浆、调制干草茶、浸泡、蒸煮、碾压等处理。

化学处理：碱处理是化学处理秆秸中最有效的方法。碱处理的化学试剂有氢氧化钠、氢氧化钾、氨水和石灰液等，其中以氢氧化钠处理效果最好。现选择两种处理方法作扼要介绍。

氢氧化钠和生石灰混合处理：把未铡碎的秸秆铺放成20～30厘米厚，喷洒1.5～2 0%的氢氧化钠和1.5～2.0%的生石灰混合液，然后压实，再重新依次铺放秸秆，并再次喷洒碱溶液（每50公斤秸秆喷80～120公斤混合溶液），过一周后，秸秆堆内的温度达到50～55°C。

氨水处理：实际也是一种碱处理法。将切碎的秸秆填进干燥的壕、窖，或地上垛内压实。100公斤饲料浇进12公斤25%的氨水，温度不应低于20°C，装满窖后立即封严，5～7天打开通风12～24小时，待氨味消失后即可饲喂。

碱-酸处理：把切碎的秸秆放入桶或水泥池内的碱溶液中泡好后，转入窖内压实，过12～24小时，取出仍放回木桶或水泥池内，用3%的盐酸泡好，随后再把用过的溶液排出，秸秆即可饲喂。

微生物处理有以下两种方法：

A.干粗饲料发酵：粗饲料发酵的曲种大体上是某些酵母及霉菌，发酵方法亦大同小异，一般把100公斤干粗饲料切成2～4厘米（或粉状），用水把适量的曲子（一般1～2公斤）化开，兑成100公斤左右的水后搅匀饲料，松散装缸，插入温度计，盖上草席或撒3～6厘米厚干草粉，温度上升到35～45°C时，上下翻动一下，装缸压实，封闭1～3天即

成。

B.人工瘤胃发酵饲料：模拟牛、羊瘤胃内的主要生理条件：恒定的温度（40°C左右），适宜的酸碱度（pH6～8），厌氧环境，必要的氮、碳和矿物质营养等。本方法需要一定条件，可酌情采纳。

3.大力发展饲料工业

饲料工业是畜牧业现代化的重要标志之一。黄淮海地区的饲料工业自本世纪70年代起有较大的发展，尤其是北京、天津等大中城市，已建立一批生产规模较大、设备先进的饲料工厂。但饲料工业的发展与当前畜牧生产形势仍不相适应，需要进一步发展。饲料工厂生产的配合饲料品种是多种多样的，一般可按加工方式，饲养对象和饲料形状进行分类。

按饲料加工方式，可分为四种类型的饲料：

（1）预混合料　预混合料用量占配合饲料总重量的1%，根据不同种类的畜禽对不同营养物质的需要量由维生素、微量元素、氨基酸等营养物质添加剂和抗菌素、激素、驱虫剂、抗氧化剂、防霉剂、色素等非营养物质添加剂，按配方比例，以玉米粉或小麦麸为载体，经严格地均匀搅拌混合配制而成。要求产品中有效成分含量的变异系数不超过5%。

（2）浓缩饲料　在预混料中加入蛋白质饲料和矿物质，经粉碎搅匀而成。浓缩料用量一般占配合料的30%，使用时再加入70%的能量饲料就可直接饲喂。

（3）全价配合料　由浓缩饲料按比例加入粉碎的能量饲料搅匀而成。这种饲料营养成分比较平衡齐全，能满足畜禽的营养需要。

（4）混合饲料　是较低级的配合料，由能量、蛋白质及矿物质饲料组成。基本上能满足畜禽对主要营养物质的需要。

按饲养对象分类

（1）猪配合饲料：包括仔猪、育成猪、肉猪、母猪、哺乳母猪及种公猪配合饲料。

（2）家禽配合饲料：包括雏鸡、后备鸡、蛋鸡、肉鸡、种鸡以及鸭、鹅的相应阶段的配合饲料。

（3）牛配合饲料：包括奶牛、肉牛、役用牛、种公牛、种母牛及犊牛的配合饲料。

按饲料形状，可分为三种类型：即粉料、颗粒料、碎粉料

为了形成完整的饲料工业体系，在本地区有条件的城市要发展工业饲料。所谓工业饲料是指由工厂生产的氨基酸、维生素、尿素、抗菌素、微量元素等补充饲料，通称为饲料添加剂。添加剂可收到用量小而作用大的经济效益。如在日粮中加入0.1～0.5%的微量元素添加剂，可以明显提高饲料转化效率，达到节省饲料的目的。

4.充分发掘畜禽品种的遗传潜力

本地区有比较丰富的畜禽品种资源，近10多年来科研单位、农业院校和生产单位，培育了一批畜禽新品种（或新品系）为了让畜禽品种在推动畜牧生产中发挥更大作用，需要抓好下列几项工作：

（1）重视畜禽品种的保种工作　畜禽品种资源是我国的宝贵财富，保护好畜禽品种，是我们的责任。但原封不动地去保护不仅要化费很大的人力、财力，而且不一定能将种保住，只有通过育种工作，采取诸如近交系育种、家系育种、封闭育种等等相应的

育种手段，才能使原有品种提纯复壮，达到保种的目的。一般可采用建立保种场和建立精子库、胚胎库两种保种形式。

（2）有条件的地区要建立良种繁育体系　随着畜牧生产的发展，必须有与之相适应的能提供高产、稳产、规格化的品种繁育体系。这是一项畜牧生产现代化的基础工作，在有条件的地区要认真落实，以充分发挥畜禽良种的作用，产生更大的经济效益。良种繁育体系应包括：

①畜禽育种委员会。是政府主管部门下属的畜禽育种工作咨询和指导机构。

②建立多种性质的配套的畜禽场：A.品种场：任务是收集、保存和繁育观察各种畜禽品种，包括引进品种、品系和国内地方良种，为育种场提供育种素材（基因）。

B.育种场：任务是培育专门化、高产品系，供原种场使用。

C.原种场：也叫曾祖代场，任务是将育种场提供的专门化高产品系进行纯系繁育并进行品系间杂交配合力测定，根据测定结果进行原种配套，为一级繁殖场提供祖代种畜（禽）。

D.一级繁殖场：也叫祖代场，其任务是接受原种场提供的配套祖代种，进行杂交，产生父母代种供二级繁殖场用。

E.二级繁殖场：也叫父母代场，任务是接受一级场提供的父母代进行杂交，生产商品杂交种，供商品场使用。

F.商品场：其任务是饲养商品杂交种，供应市场。详见图16-1。

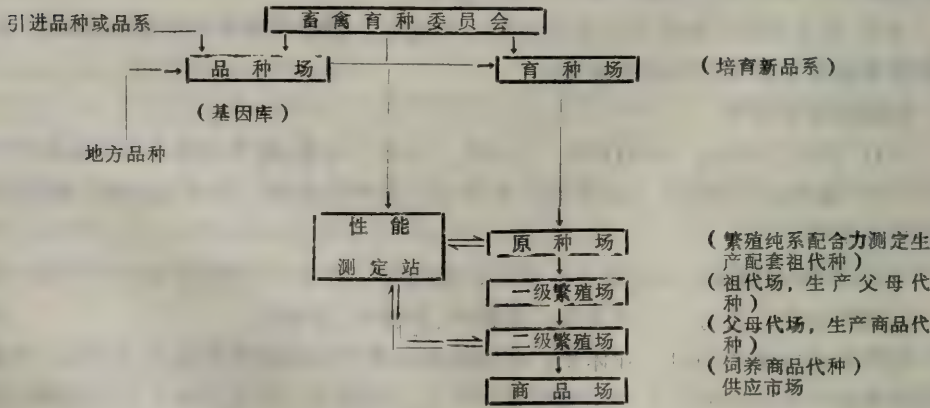


图16-1　繁育体系示意图

（3）大力推广畜禽良种，为畜牧生产服务　近几年本地区畜禽育种工作进展很快，培育了一批生产性能高，适应性强的新品系，同时也大量引入国外畜禽新品种（或新品系），经生产实践检验，现将可以在黄淮海地区推广的畜禽品种作一介绍。详见表16-、6、7。

表16-5　家禽品种的主要生产性能

单位：个、克

禽别	类型	品种名称	蛋用性能			肉用性能			育种场	备注
			72周入舍鸡产蛋数	均平蛋重	耗料比	产蛋量	活重	耗料比		
鸡	蛋用	滨白42	241.8	57.9	1∶2.7				东北农学院鸡场	培育种
		京白823	245.1	58.4	1∶2.6				北京市种禽公司	同上
		农昌2号	243.0	59.8	1∶2.6				北京农大畜牧系	同上
		B_4	236.1	59.6	1∶2.8				中国农科院畜牧所	同上
		斯罗ABCD	260.9*	62.1	1∶2.4				上海新扬种鸡场	引进种
	肉用	京黄Ⅰ号					1562～1690（56天）	1∶2.8	中国农学院畜牧所	商品鸡
		京黄Ⅱ号					1549～1960（90天）	1∶3.4	同上	同上
		北京石岐杂				157／年	1400(90天)	1∶3.5	同上	引进种
		AA鸡				170(产蛋41周)	1920(54天)	1∶2.2	北京市大东流鸡场	引进种
		罗曼鸡				164(产蛋38周)	1870(51天)	1∶2.2	同上	引进种
鸭	肉用	北京鸭Z_1系	205/年	92.6			2998(49天)	1∶3.2	中国农学院畜牧所	培育种
		北京鸭双桥Ⅱ系	296/年	93.6			2677(49天)	1∶3.1	北京市农管局	培育种
	蛋用	金定鸭	240～280／年	60～80			1900～2400（成年）		厦门大学生物系	培育种

* 72周饲养日产蛋数。

第四节　牧草的生产与发展

长期以来，农林牧副渔五业组成了大农业，近年由于生产的发展和生活的需要，农业包括的内容和范围也在不断增加和扩大，牧草在生产和生活中越来越显示出它的巨大作用而受到人们的重视。

过去种植牧草主要在牧区和半农半牧区，那里有大面积的天然草场可供放牧，但由于天气寒冷，无霜期短，水热条件不足，青草生长期只有4～6个月，另有半年以上的时间是枯草期。因此，冬春饲草常感缺乏，种草首先着重解决冬春补饲问题，第二，天然草场由于草场管理和利用不当，造成严重退化，产量和质量都大大下降，需要恢复植被、改善质量、增加产量。自80年代以来又提出了新的要求，提高人们的健康水平，改善膳食组成应大力增加畜产品，发展畜牧业，因此不但在牧区要改良天然草场建立人工

表16-6 猪优选组合的生产性能

组合名称	窝产仔数	平均日增重（克）	耗料比	胴体质量		育种场
				瘦肉率(%)	肌肉脂肪含量（%）	
大×(长·北)	10.66	625	1∶3.28	58.90	3.27	中国农科院畜牧所
杜×(长·太)	17.32	630	1∶3.15	58.04	2.78	苏州市畜牧兽医站
杜×(长·北)	9.52	626	1∶3.10	58.58	4.61	北京市农林科学院畜牧兽医所
杜×湖	11.73	610	1∶3.39	62.39	3.41	湖北省农科院畜牧兽医所
杜×浙	10.02	594	1∶2.99	61.54	4.40	浙江省农科院畜牧兽医所

* 大-大白猪；长-长白猪；北-北京黑猪；杜-杜洛克猪；太-太湖猪；湖-湖北白猪；浙-浙中白猪；

表16-7 牛品种主要生产性能

单位：公斤、%

类型	品种	成年体重		年产奶量	乳脂率	平均屠宰率	育种场	说明
		公牛	母牛					
乳用	中国黑白花	1100	550～600	5460	3.27	54	北京市农管局	培育种
乳肉兼用	三河牛	850～950	450～550	3000	4.0	50～55	内蒙呼盟农管局	培育种
乳肉兼用	西门塔尔牛	900～1400	650～800	3500～4500	4.0	55～60	内蒙嘎达苏种畜场 吉林查干花种畜场 新疆呼璧图种牛场	引入种
肉用	夏洛来牛	1000～1200	600～800			65～68	黑龙江齐齐哈尔种畜场	引入种
肉用	利木赞牛	950～1200	600～800			63～71	同上	同上

草地，而且在农区也要积极发展种草，一些农作物生长不良的低产地区，如黄淮海平原的低产地区正在试验种草养畜。

另外种草绿化环境已蓬勃开展起来，机关、工厂、学校以及家庭庭院、宅旁、路边都种上了草皮，草种有当地的羊胡子草、引进的野牛草、早熟禾、剪股颖等，还有三叶草、黑麦草等，各地都在引种试种，以便从中选择适宜的绿化草种。牧草也用于水土保

持，草种除了过去常用的草木樨、苜蓿外，现增加了沙打旺和小冠花。沙打旺是耐旱、耐沙、抗逆性很强的草种，也是改良沙薄地、建立人工草场的先锋草种，已在广大地区种植推广。除了增产饲草外，也对增加植被、保持水土起到了良好的作用。

随着人们生活的提高，对畜产品的要求必然也要增高，就会促进畜牧业和牧草的发展；但是，目前在草业生产中还存在很多问题，有认识问题也有实际问题，而草种是首要的问题，多年来进行的大量引种和生产试验，在不同地区已选出一些适宜种植的草种，正在应用和推广。如苜蓿、草木樨、沙打旺、百脉根、无芒雀麦、苇状羊茅、鸭茅、野麦草、白三叶、黑麦草及一年生的山菠菜、饲用苋、苦荬菜等，但不足的是有的牧草耐寒而不耐湿热，有的牧草耐旱又不耐涝，因此生产上需要的越冬好，又能越夏，以及能耐盐、耐涝的草种还十分缺乏，解决的途径如下：

一、引种筛选

牧草有各种不同的特性，对寒冷干旱、湿热、盐碱等不良环境抗性不同，可根据各地的特点进行选择。黄淮海地区盐碱地多，禾本科牧草耐盐性较强，其中又以苇状羊茅、高冰草、野麦草尤为显著，其幼苗在0.4%盐分土壤中100%的存活而植株鲜重降低17～35%，株高降低5.1～17.8%。

豆科牧草耐盐性比禾本科差，如苜蓿、红豆草、百脉根、沙打旺等只能在0.3%盐分土壤中生长，幼苗存活率90%以上，而植株鲜重降低42～51%，株高降低22～49%。无味草木樨耐盐性较好，在0.4%盐分土壤中幼苗存活73.1%，植株鲜重降低18.3%。

二、驯化培育优良野生牧草

世界上现有的栽培牧草大都是起源于野生牧草，经过多年自然选择、人工选择以及杂交改良等手段逐渐培育而来的。从资源调查中发现，我国有极丰富的野生牧草资源，可供选择、驯化和培育，饲用价值较高的有禾本科、豆科等，在盐碱地上也有各种耐盐植物可以进行筛选，将那些抗性好，而又有经济价值的草种选出来加以培育。如高寒地区已选出耐寒、耐旱、产量高的披碱草，冀、鲁、豫黄河故道一带选出耐沙耐瘠的沙打旺，半荒漠化地区选出十分耐旱的小灌木——伏地肤，东北选出了耐盐碱较好的碱茅等，都已在生产中推广应用并建立了大面积的人工草场。

野生牧草在自然条件下，一般生长较为缓慢，很难表现出它的生产潜力，而一旦给予较好的栽培条件，它的经济性状往往会发生极大变化，生产能力大大提高。如扁蓄豆原来茎长为45～50厘米，分枝3～5个，而在栽培条件下第三年茎长达110～120厘米，分枝多达50～60个，枝叶十分繁茂。因此驯化培育野生牧草是有潜力的，那些抗逆性强，适应性好，又有丰产能力的野生牧草，经过培育可能成为新的栽培种。

三、培育新品种

国外在牧草育种方面做了大量的工作，生产上应用较多的，有品种间杂交培育的新品种如抗蚜的101苜蓿，紫花苜蓿与黄花苜蓿种间杂交培育的抗寒耐牧品种润布勒苜蓿，有用染色体加倍的方法培育出的多倍体三叶草，还有黑麦草与苇状羊茅远缘杂交培育出的杂交种，以及正在用花粉培养、原生质融合等生物工程方法培育新的牧草良种。

我国的牧草育种工作开始较晚，培育出的新品种较少，已报道的有用紫花苜蓿与黄花苜蓿自然杂交获得的抗寒越冬较好的杂种苜蓿，已在生产中应用，使苜蓿种植的范围向北推进了一步。还有用辐射方法获取的早熟沙打旺，不但种子能提早成熟，而且成熟比较一致，种子产量高，也已在生产中应用。更广泛的育种工作正在进行，如盐碱地需要的耐盐碱牧草，正在用选择、有性杂交及组织培养方法进行培育。现代化牧场需要耐牧型苜蓿，也正在通过杂交育种方法进行培育。其他还有抗病虫害的牧草育种以及黑麦草与苇状羊茅远缘杂交培育耐湿热又丰产的良种已开始研究。不久，我国自己培育的牧草新品种将会不断出现并提供生产应用。

第五节　主要牧草的特性及栽培技术

一、紫 花 苜 蓿

紫花苜蓿通称苜蓿，是营养价值高，适口性好，产量也高的优良豆科牧草。原产于中亚一带，后引入到欧洲、非洲、南美洲、北美洲和大洋洲，现已成为世界上种植最广泛的牧草，被称为牧草之王。据1973年美国出版的“苜蓿的科学与技术”一书所载的不完全统计，全世界苜蓿种植面积在3300万公顷以上，其中美国面积最大、为1000万公顷，其次是阿根廷、苏联等国。我国的苜蓿是公元前129年张骞出使西域时带回来的，至今已有二千多年的历史。现分布于黄河以北的广大地区，东起黑龙江、西到新疆，包括陕西、山西、甘肃、内蒙、宁夏、河北、山东、江苏、青海、河南、辽宁、吉林等14个省区，1984年底统计种植面积为1630万亩，在人工草场中居于首位。而黄淮海地区大约有50万亩。

表16-8　十种苜蓿各茬产量占全年产量的比重 %

	一 茬	二 茬	三 茬	四 茬
武　功	52.6	15.3	19.2	14.9
民　勤	52.2	14.5	20.9	12.4
阳　高	46.3	15.9	24.2	13.6
临　汾	47.0	14.3	21.6	17.1
乌鲁木齐	46.3	14.6	22.4	16.7
西　宁	47.6	15.7	21.6	15.1
公农一号	43.5	15.2	24.1	17.2
保　定	43.5	17.5	22.4	16.6
印地安	41.1	13.7	24.4	20.8
秘　鲁	40.7	18.2	22.5	18.6

1.生物学特性

苜蓿喜温暖干燥气候，黄淮海地区的春季，正适合于苜蓿的生长，在此阶段产量也高，收割试验证明（表10-8），头茬产量可占全年的40～50%，而夏季高温多雨季节则生长不良，产量不高，还易发生病害，因此二茬产量占13～18%，三茬占20～24%，四茬占12～18%。苜蓿怕涝，涝后易烂根死亡。苜蓿也较耐寒，能在－20°C低温下越冬，有雪覆盖时，气温达－30°C时也能越冬。越夏一般较好，但有的品种越夏也有死亡，死亡率因品种而异。

苜蓿喜土层较厚的砂壤土和壤土，也能在沙土或粘土中生长，但产量较低。要求排水良好的中性或微碱性土壤，，耐盐碱能力中等。可在含盐0.3%的土壤中生长，幼苗存活率在95%以上，植株鲜重降低40%，株高降低57%。0.4%盐分土壤中有明显盐害，死苗达25%而产量大幅度下降；0.5%盐分土壤中幼苗大部分死亡。苜蓿根深，能吸收深

层土中的水分和养分，因此耐旱能力较强，适于400～800毫米降雨量地区生长，300毫米的地区也能种植，但产量较低。苜蓿耐旱但也喜水，在灌溉条件下产量可成倍增加。

苜蓿为无限开花习性，一般在5月中旬开始开花、一直延续到7月，因此种子成熟不一致。苜蓿一年可收割3～4茬青草。每茬割后，经过40天左右、仍能开花，最后一茬只有个别品种开花。苜蓿花多，每株有花序60～80个，小花一千朵以上，结实率前期高后期低，分别为60～80%和20～30%，落花率高的可达70～80%。苜蓿为异花受粉植物，自交结实率很低，据1980～1981年观察12个苜蓿品种自交率多在5%以下。

2.植物学特征

苜蓿是多年生豆科牧草，一般生长年限4～5年，也有生长20～30年的。直根系很深，长达3～6米以上，侧根很少，幼根和新生根上有根瘤。根颈丛生茎芽，以后发育成茎。二年生苜蓿茎在10个以上，株高1米左右。叶由3小叶组成，有时也有4或5小叶的，叶腋中生出花梗，花成簇状，有小花8～40朵不等，排列成总状花序，花紫色、深紫和浅紫色，荚螺旋形2～3圈，有种子1～8粒，种子肾形，千粒重2克左右，种子发芽力可维持10年以上。

3.栽 培 技 术

苜蓿种子小，播种要浅，一般深度在2～3厘米。为了保证全苗，最适宜的播种时间是雨季末期，8月下旬到9月上旬，土壤墒情好，温度适宜、杂草少，而且能安全越冬，盐碱地上正是盐碱最轻的阶段，容易出苗并且保苗率高。也可春播或夏播，但遇春旱则出苗不齐，而且常易受杂草抑制，夏播遇大雨后烈日暴晒容易引起大量死苗，保证全苗都很困难。故应适期播种，每亩播种量0.75～1公斤。

苜蓿根上生有根瘤，可固定空中的氮素，因此应注意施磷肥或磷钾复合肥，能促进苜蓿生长，并提高产量。苜蓿在灌溉条件下每年可收割4次，雨季前争取割两茬，可增产，头茬在开花初期进行，以后每隔40～50天割1次，水浇地每亩可产鲜草3000～3500公斤、旱地亩产1500～2000公斤。丰产田可达7500公斤。

4.营养价值和利用

苜蓿的营养价值较高，含有丰富的蛋白质、维生素和矿物质，而且必需氨基酸的含量也较高，是各种畜禽的优良饲草。利用方式宜青饲或晒制干草，也可与禾草混合制青贮饲喂牛羊等家畜，也可制成高质量草粉做为配合饲料的成份。

表16-9 苜蓿营养成份表（%）

种　　名	水　分	粗蛋白	粗脂肪	粗纤维	无氮浸出物	粗灰分
无棣苜蓿	9.35	16.55	1.85	33.59	29.96	8.70
郓城　〃	10.55	18.46	2.00	29.85	29.41	9.73
济阳　〃	9.21	17.92	2.15	31.40	29.85	9.47
保定　〃	7.69	17.30	2.04	32.05	32.81	8.11
宝鸡　〃	7.87	18.00	1.92	31.08	33.19	7.94

二、草 木 樨

草木樨属植物约有20种，通常栽培的有两种，白花草木樨和黄花草木樨，另外还有一种是无味草木樨，含香豆素少，近几年也已大面积推广。

草木樨特别耐旱、耐瘠，也耐盐碱，适应性很强，在我国分布十分广泛。草木樨是优良的豆科牧草，又是很好的绿肥、密源植物和水保植物。

1.生物学特性

草木樨特别耐旱、耐瘠，根系很深并且分布甚广，能从土壤深层和广层吸取养分和水分，因此可生长在山地、丘陵地上。耐寒性也很强，二年生草木樨可在零下10～15°C下越冬，并且在夏季高温多雨季节生长良好，在降雨量300毫米左右的干旱地区、丘陵坡地、其他作物生长不良的地方，草木樨都能生长良好。耐盐碱能力也较好，在0.5%的盐溶液中能够发芽，在含盐0.4%的土壤中植株鲜重降低20%左右。

2.植物学特征

黄花及白花草木樨属二年生草本植物，无味草木樨为一年生或越年生植物，直根很深并有发达的侧根，有的呈水平分布，根上有根瘤，茎直立圆形中空，高达1.5～2米。叶为羽状三出复叶，小叶椭圆形，边缘有疏齿，无味草木樨叶缘齿细，总状花序，荚果卵形或椭圆形，内有种子1～2粒，千粒重2～2.5克。白花草木樨花白色，黄花草木樨与无味草木樨均为黄色。

3.栽 培 技 术

草木樨种子中硬实率很高，多者可达50%以上，硬实率高常造成当年出苗不齐，但是第二年仍可继续出苗，因此如措施得当播一年可利用多年，是很有用的一种特性。但如要求当年苗齐则可加大播种量，或者采取种子处理，用石碾或磨米机以及其他工具，擦破种皮即可提高发芽率。

草木栖每亩播种量1公斤，播深2～3厘米，播种期可在秋季或冬季，效果均较好。冬播寄籽，开春后出苗较早而且整齐，当年能收两茬草，第二年春季仍可利用两茬，或头茬收草，二茬收籽，则可获青草1000～2000公斤，种子75～100公斤。当草木樨株高达50～70厘米未现蕾前，即可开始收割，收刈后从茎节处再生，因此留茬要高（15～20厘

表16-10　草木樨营养成分表（%）

种	类	干物质	粗蛋白	粗脂肪	粗纤维	无氮浸出物	粗灰分
白花草木樨	叶	88.0	28.5	4.4	9.6	36.5	9.0
	茎	96.3	8.8	2.2	48.8	31.0	5.5
	全株	92.6	17.5	3.2	30.4	34.6	7.1
黄花草木樨	叶	86.8	29.1	3.7	11.3	34.1	8.6
	茎	97.4	8.8	1.7	47.5	33.7	5.7
	全株	92.7	17.8	2.6	31.4	33.9	7.0
无味草木樨	全株(鲜草)	20.2	3.1	0.3	6.6	8.0	2.2

米），并包括两个茎节。

4.营养价值和利用

草木樨蛋白质含量较高，但现蕾后易木质化，茎比重增加，叶量减少，质量下降，故应早期收刈利用，对再生也有好处。草木樨中含香豆素，有一种特殊气味，家畜不爱吃，但经过一段训练后则能习惯采食。3种草木樨的香豆素含量不同，白花草木樨植株含量为1.05～1.04%，黄花草木樨为0.84～1.22%，白花比黄花高15～25%，而无味草木樨香豆素含量很低，只有0.01～0.03%，适口性较好。3种草木樨利用方式相同，多半青饲或调制干草，也可与禾本科草混贮。饲喂家畜时注意不能用霉烂的草木樨，否则易在体内产生抗凝血素遇伤口不易凝固，引起内出血死亡。

三、沙 打 旺

沙打旺又名麻豆秧、苦草、地丁、直立黄芪等，是一种适应性广泛，抗逆性强的豆科牧草，是沙地、薄地、山区丘陵地建立人工草场的先锋草种，又是大面积飞播覆盖地面的优良植物，在我国利用甚广，现种植面积为800多万亩、仅次于苜蓿。它不但可做为饲草也是绿肥，又能保土固沙，它可以在光秃秃的黄土高原上建立植被，也可在不长草的沙滩和沙地生长繁茂，还可在风沙干旱草原地区长成碧绿的人工草场。总之其他牧草不能生长或生长不好的地方，唯独它能生存、生长，因此被人们称为薄地犟是有一定道理的。

沙打旺原产我国，在华北、东北、西北地区均有野生分布。黄河故道一带如河南、河北，山东等地种植较多，近年来已推广到北方各省区。如陕西、甘肃、宁夏、山西、内蒙古、辽宁、吉林以及京津两市等，其中陕西、内蒙古、辽宁三省区最多，为589万亩占70%。除作为防风固沙保持水土及做燃料外，也做饲用。如山西沁水示范场，种植沙打旺做为羊的放牧地，较果也不错。

1.生物学特性

沙打旺抗寒性强，能在-30°C下越冬，也较耐热，夏季生长迅速，也十分耐旱，陕北地区200天大旱无雨，苜蓿停止生长，草木樨株高仅60厘米，而沙打旺仍高达130厘米。试验证明，沙打旺与沙生植物——沙蒿和籽蒿抗旱能力一样。甚至在一些寸草不生的旱薄地上，照样茁壮生长。沙打旺耐盐能力与多数豆科牧草一样，幼苗可在0.3%盐分的土壤中存活，存活率达90%，植株鲜重降低44.8%，遇涝时容易烂根死亡。对土壤选择性不强，适合于任何土壤生长。

沙打旺返青晚，生长发育速度也较慢，从返青到开花要经过4个月的时间(而苜蓿仅用2个月)，营养生长阶段较长，此时地上部生长较慢而地下根系却比地上部生长快1～2倍。沙打旺收割后，再生较慢，一年只能收两茬。其茎叶比随着生育阶段的推进，茎的比重不断增加，叶的比重逐渐减少，当出现花序后则急剧减少。

沙打旺一般生长4、5年后则衰退，产量明显下降，需要更新，如能加强管理，追施磷钾肥和灌溉，则可使产量稳定，延长利用年限。另外沙打旺种子落地后覆土及裸露均能发芽生长，因此是飞播的优良草种，可利用这种特性自然更新。

沙打旺为异花受粉植物，据自交试验测定24个花序、1194朵花、结实37，自交率为3.09%，在开放授粉情况下，结实率可达90%以上。

2.植物学特征

沙打旺是豆科黄芪属多年生草本植物，有主根，侧根多并且发达。茎直立或斜生、丛生，株高1～2米。叶为奇数羽状复叶，小叶长椭圆形，7～25枚，对生，上有丁字形白色茸毛。总状花序，腋生，小花多达30～70朵，花紫色，荚果矩形，种子黑褐色，千粒重1.7～2.2克。

3.栽 培 技 术

沙打旺种子硬实率低，播前不需处理即可直接播种。播种深度2～3厘米。播种方式可条播、撒播，也可用飞机播种，由于其种子发芽容易，扎根快，飞播效果很好，现已广泛应用。播种量每亩0.25～0.5公斤，飞机播种时为0.15公斤。播种期以雨季后秋播最好，也可冬播寄籽，都能保证苗全。在春季墒情好时也可顶凌播种。当年播种生长缓慢，需及时除草，第2年抑制杂草能力很强。沙打旺种子中常混有菟丝子，要注意清除，以免蔓延为害。

4.营养价值和利用

沙打旺蛋白质含量较高，也是一种营养价值较好的牧草，其产量也高，每亩产鲜草2000～3000公斤。但开花后茎杆易木质化，利用率降低，故宜早期利用。可晒制干草，最后一茬还可放牧，效果也很好。例如羊放牧100天的结果在沙打旺地平均日增重100.7克，而苜蓿与无芒雀麦混播草地日增重123.6克，沙打旺的增重效果为苜蓿混播草的81.6%。

沙打旺含有低毒，有苦味，适口性不好，但仍然可以做为饲料。据多次用于鲜草饲喂牛、羊试验，结果都无中毒表现，对生长、发育繁殖也无不良影响。因此饲喂反刍家畜是安全的。而用沙打旺喂鸽鸡时，喂入相当于9克以上茎叶粉的提取液时，发现鸽鸡4小时后死亡。因此，单胃动物利用时要限量，在日粮中鸡占2～4%，兔占30%比较适宜。

表16-11 沙打旺的营养成分（%）

样品种类	干物质	粗蛋白质	粗脂肪	粗纤维	无氮浸出物	粗灰分	钙	磷
鲜草（分枝期）	22	4.0	0.6	5.3	9.7	2.4	0.52	0.06
鲜草（初花期）	32	4.2	0.6	9.8	15.4	2.0	0.66	0.04

四、百 脉 根

百脉根又名五叶草、鸟趾豆、牛角花，原产于欧洲，后逐渐引入到美洲、亚洲、大洋洲等地种植。澳大利亚在水肥条件较差，三叶草长不好的地方则利用百脉根，其耐旱、耐瘠能力比三叶草强。我国的栽培种都是由国外引入的，早在40年代就开始引种了，但至今还在局部地区试种，尚未大面积推广。由于百脉根较耐湿热，草质柔嫩，适口性好，有可能在江淮流域水热条件较好的地区，做为建立人工草场的混播草种。近年来云贵高原及新疆等地都发现有野生种，正在引种驯化是一个很有希望的草种。

1.植物学特征

百脉根是一种株矮丛生的多年生豆科牧草，百脉根属。主根长，侧根多而发达。株

高30～50厘米，直立或斜生。叶为三出复叶，叶柄基部有两片托叶，与叶片相似，故又名五叶草。花黄色，蝶形花冠，顶生成伞形花序。有小花4～8朵，荚为角果，形如鸟趾故又称鸟趾豆。每荚有种子10～15粒，千粒重1～1.2克。

2.生物学特性

百脉根喜温暖湿润气候，抗寒力差，从国外引进的百脉根，很多在北京不能越冬，只有从加拿大引进的里奥等品种越冬良好。而且也比较耐热，夏季湿热气候条件下仍生长繁茂。对土壤要求不严，各种土壤均可生长，但以pH＝6.2～6.5的微酸性土壤较为适宜。

百脉根耐牧耐践踏，再生力好，生长茁壮，病虫害少，一般4月中旬返青，5月中旬开花，花期长达3个月，边开花、边结荚，荚果成熟不一致，成熟荚果易开裂，种子自然脱落。因此必需陆续采收种子。

3.栽培技术

百脉根种子小，宜浅播，播深1～2厘米，每亩播种量0.5公斤左右，播种期以秋播较好，如土壤墒情好，也可春播。可以单独播种，也可与鸭茅、羊茅等混播。播种当年产草量不高，以后每年可刈三茬，每亩产干草300～500公斤，种子10～35公斤。

4.营养价值与利用

百脉根草质柔嫩叶量多，除结实期叶量比茎低外，一般均高于茎，适口性好，青草期长，多利用放牧，而且由于茎叶含皂素低，不易引起臌胀病，是一个较好的放牧草。据分析营养成分如表16-12。

表16-12　百脉根营养成分表

干物质	粗蛋白	粗脂肪	粗纤维	无氮浸出物	粗灰分	钙	磷
23.0	2.6	0.5	5.1	12.5	2.3	0.47	0.06

五、鹰嘴紫云英

鹰嘴紫云英原产于欧洲，我国是从美国和加拿大引进的，正在试种，在北京生长良好，能越冬也能越夏，无性繁殖能力强，再生性好，是值得重视的一种豆科饲草。

1.植物学特征

鹰嘴紫云英是豆科黄芪属多年生草本植物，有根茎，向四周伸长蔓延能力很强。茎匍匐或直立。株高40～60厘米。羽状复叶，小叶长椭圆形，16～20片，两边有茸毛，总状花序，有花5～40朵，花色浅黄，开花期长，种子成熟不一致，荚胞果，成熟时黑色，每荚有种子3～11粒，千粒重7.7克。

2.生物学特性

鹰嘴紫云英喜凉爽湿润气候，抗寒能力强，能在－20°C下安全越冬，甚至比苜蓿更耐低温和瘠薄，而且也更耐湿热气候。在北京夏季生长十分繁茂，再生性好，刈割后一个月可长到50厘米，还可再次开花。

适于中性或微酸性土壤生长，微碱性土壤也能生长，对水肥要求不十分严格，适应性较广泛。

3.栽培技术

鹰嘴紫云英可用种子繁殖、也可用无性繁殖，种子硬实率高，有的高达80～90%，播前要进行种子处理，可擦破种皮或用温水浸种或用浓硫酸处理，均能提高发芽率。用硫酸浸种20分钟，可提高发芽率达70%效果较好。每亩播种量0.5～1公斤，播深2～3厘米，无性繁殖可用茎杆扦插，每段要有3～5个节，成活率也很高，幼苗期要注意除草，成苗后就能抑制杂草的侵害，再生性好，一年可刈3～4茬，亩产鲜草2000～3000多公斤。

4.营养价值和利用

鹰嘴紫云英茎较柔嫩，叶量较多，蕾期与花期测定其鲜草茎叶比分别为1：1.87和1：1.50,叶的比重较大,到花荚期叶量减少，茎叶比为1：0.85,品质较好,蛋白质含量高（表16-13），适口性也好，可以调制干草，也可青饲，由于其根茎发达，耐践踏,也可放牧。而且因含皂素低，放牧时不会得臌胀病，因此是一个较好的放牧草。

表16-13　不同生育期干物质营养成分表

（干物质为100%）

生育期(月／日)	粗蛋白	粗纤维	粗脂肪	粗灰分	无氮浸出物
蕾期（5／9）	29.59	18.19	3.96	9.72	38.54
花期（5／24）	25.28	23.84	4.00	8.40	38.44
花荚期（6／8）	20.81	29.89	3.42	7.19	38.68
结荚期（6／23）	16.40	35.87	2.47	6.82	38.44
种子成熟期(7/8)	17.19	32.35	2.97	9.15	38.34

六、苇状羊茅

苇状羊茅适应性较广泛,能耐寒也耐热,能耐旱也能耐湿，因此在世界范围内种植十分广泛，现在欧洲、亚洲、美洲、非洲及大洋洲都有种植，我国长城以内从北到南都能适应生长，但以温暖湿润地区生长更为茂盛，国内现有的栽培种是从国外引进的，而新疆等地也有野生种的分布。

1.植物学特征

苇状羊茅为禾本科羊茅属多年生草本植物，植株高大，可达70～150厘米。叶量多较粗糙。圆锥花序，稍开展，小穗有花4～5朵，外稃、内稃披针形，外稃具短芒，颖果为内外稃贴生。种子千粒重2.51克。

2.生物学特性

苇状羊茅适于温暖湿润地区生长，耐寒耐热，耐旱性都较强，能在－20°C下安全越冬，也能在30°C以上高温下生长良好，在湖北钟祥夏季绝对最高温38.4°C情况下停止生长，而未出现死亡，对伏旱也有一定抗性，既能耐华北的寒旱也能耐长江中游的湿热，因此具有较广泛的适应性。

对土壤要求不严格,微酸微碱性土壤均能生长，而且耐盐性也较强，幼苗能在0.4%盐分土壤中100%存活,株高及株重分别降低14%和17%，是盐碱地建立人工草场很有希

望的草种。

3.栽 培 技 术

苇状羊茅可秋播也可春播，播种深度2～4厘米，播种量每亩1.0～2.0公斤。除单播外，也可混播，适于混播的豆科牧草有苜蓿、红三叶、鹰嘴紫云英、沙打旺等，也有与白三叶混播的，由于白三叶无性繁殖能力很强，为了使禾草与豆科草都能均衡生长，混播时苇状羊茅比重要大，约占70%左右为宜。苇状羊茅一年可刈3～4次，每亩鲜草产量2000～2500公斤，种子产量每亩25～35公斤。

4.营养价值和利用

苇状羊茅植株较高，叶多但较粗糙，适口性尚好，各种家畜均喜食。适于青饲，也可晒制干草或做青贮，还可利用再生草放牧。其营养成分如表16-14。

表16-14　苇状羊茅营养成分表（%）

样品种类	干物质	粗蛋白质	粗脂肪	粗纤维	无氮浸出物	粗灰分	钙	磷
鲜草	29.6	4.5	0.5	8.0	13.4	3.2	0.19	0.07
干草	100	15.1	1.8	27.1	45.2	10.8	0.66	0.23

七、无 芒 雀 麦

无芒雀麦又名禾萱草、无芒草，是世界上温带种植较多的禾本科牧草，广泛分布于欧洲大陆，如苏联、美国、加拿大等国家种植很普遍。我国也已用于生产建立人工草场，适于黄河以北广大地区，目前种植较多的是内蒙古、河北、山西、青海等省区，面积共计为91500亩。我国的栽培种有国外引进种，也有野生驯化种，同时都在应用，随着混播人工草场的建立，无芒雀麦有继续扩大的趋势。

1.植物学特征

无芒雀麦是禾本科雀麦属多年生草本植物，上繁草，有发达的须根及横走根茎，茎直立，高80～120厘米，叶肥大，4～6片。圆锥花序，开花时散开。小穗有花6～10朵，每花一粒种子，颖披针形，顶端无芒或具短芒。种子扁平，千粒重4克。

2.生物学特性

无芒雀麦喜冷凉干燥气候，耐寒性强，可在－30°C下越冬，不喜高温。也较耐旱，可在降雨量400毫米地区生长，对土壤要求不甚严格，但喜在壤土土层厚、水分好的地区生长，对水肥特别敏感，尤其对氮肥更为明显，在水肥充足条件下，可增产3～5成，甚至成倍增加。生长第二年的无芒雀麦，每亩施氮肥8公斤，亩产干草755.5公斤，对照562.2公斤，增产193.3公斤，为对照的134.4%。

无芒雀麦耐盐试验表明，幼苗在含盐0.5%的土壤中能100%存活，而株高与株重分别降低13.2%和4.48%，可以在中度盐渍化土壤中种植。

3.栽 培 技 术

播种期春季秋季均可进行，播种量每亩1.5～2公斤，播种深度2～3厘米。播种方式可单播，也可混播，与豆科牧草混播时能提高产量与质量，适于混播的豆科牧草有苜蓿、

鹰嘴紫云英、扁蓄豆、沙打旺等，其中与苜蓿混播效果最好，与鹰嘴紫云英也能形成较好的混播草层，采用无芒雀麦与沙打旺、无芒雀麦与苜蓿混播，表现都好，但放牧效果则以后者为优。

4.营养价值和利用

无芒雀麦茎叶柔软叶量多，无性繁殖能力强，是优良的禾本科牧草，适于调制干草，也可青饲或放牧，各种家畜均喜食。一般亩产鲜草1500～2000公斤，种子15～50公斤，其营养成分如表16-15。

表16-15 无芒雀麦营养成分表（%）

样品种类	干物质	粗蛋白	粗脂肪	粗纤维	无氮浸出物	灰分	钙	磷
鲜草(抽穗期)	25.3	4.1	0.7	7.5	10.0	3.0	0.64	0.07
干草	100.0	16.1	2.7	29.9	39.6	11.7	2.51	0.29

八、苏丹草

苏丹草原产于非洲北部苏丹地区而得名。现在世界各地均有种植，如非洲、大洋洲、美洲及亚洲分布都很广泛。苏丹草40年代引入我国，解放后大面积推广应用，首先在牧区与半农半牧区种植做为冬春补饲草。除牧区外，农区也有栽培，如北京郊区农场种植做为奶牛青饲料，既可青饲、青贮，也可在鱼池周围种植，利用其喜水耐湿的特点，生产大量的青饲料做为鱼饲料。由于苏丹草是一年生牧草，生长快，能利用南方较长的生长季节，也可利用北方短暂的夏季生产饲草，因此适应范围广。南北方均能种植。

1.生物学特性

苏丹草是喜温植物，种子在12～14°C时发芽，幼苗期对低温很敏感，遇霜冻易受害。苏丹草根系发达，抗旱力强，在年雨量300毫米左右的地方，可以充分利用雨季迅速生长，平均每天生长6～9厘米。苏丹草对土壤要求不严，无论沙土、粘土、壤土、微酸性与微碱性土壤均可种植。由于其植株高大，再生迅速，从土壤中吸取的水分与养分较多，需要注意施肥灌水。在生长期中遇严重干旱则停止生长，一旦降雨又能恢复生机，抗逆性是很强的。

苏丹草再生力好，在北京一年可刈3茬，南方可刈4～6茬，多次利用。苏丹草是风媒花、异花受粉植物，每个花序上的花陆续开放，种子陆续成熟，很不一致。但成熟的种子不易落粒。

2.植物学特征

苏丹草是高粱属禾本科一年生草本植物，植株高大，茎可达2～3米。须根系发达，分蘖力很强，一般有20～30个。叶片大、长60厘米、宽4厘米、包茎、每茎有叶7～8片，叶色深绿，表面光滑。圆锥花序分枝细长。种子扁圆形，种皮有黄色、棕褐色、黑色不同，千粒重9～10克。

3.栽培技术

苏丹草从春季到夏季均可播种。只要温度适宜，容易发芽，由于苏丹草生长迅速，

需要大量的有机肥与氮肥，除施底肥外，每次刈后还应追施化肥。播种方式宜条播，行距40～50厘米，播深4～6厘米，每亩播种量2公斤，可单播也可与一年生豆类混播以提高产量和质量，北京双桥农场用苏丹草与青贮玉米混播，收一茬苏丹草与青贮玉米后，还可再收两茬苏丹草，总产量可达5000公斤左右，也可用苏丹草与野大豆混播。

4.营养价值与利用

苏丹草适口性较好，营养价值也较高，在城郊常用作奶牛青饲料，多次刈割利用，也可晒干草或制青贮。近年来由于淡水养殖业的发展，常在鱼塘周围种植苏丹草，经常青刈喂鱼、效果也很好，在牧区多半晒制干草做为冬春牛羊的补饲草。苏丹草幼苗中含有氢氰酸，最好在植株长到60厘米以上时再刈割做饲草，并需稍加晾晒后再喂，以免发生氢氰酸中毒。

表16-16　苏丹草干茎叶的营养成分表（%）

生育阶段	粗蛋白	粗脂肪	粗纤维	无氮浸出物	粗灰分
抽穗期	15.3	2.8	25.9	47.2	8.8
开花期	8.1	1.7	35.9	44.0	10.3
结实期	6.0	1.6	33.7	51.2	7.5

九、苦　荬　菜

苦荬菜又名苦荬菜，是一种优良的青饲料，原为野生植物，经多年驯化已成为广泛应用的栽培种，除饲用外也做蔬菜用。我国广东、广西、湖南、湖北、江苏、安徽普遍种植，70年代后又推广到了北方山东、河北和辽宁、吉林、黑龙江等省区，因其适口性特别好，柔嫩多汁，推广甚快。苦荬菜产量高，质量好，各种畜禽均喜食，而且吃后有增强食欲、祛火健胃的作用，尤其适于夏季利用。

1.植物学特征

苦荬菜是菊科莴苣属一年生或越年生草本植物，南方秋播越年生，北方春播一年生。主根纺锤形，分叉，初期由短缩茎上长出大量基生叶。头状花序排列成圆锥状，舌状花，淡黄色，种子为瘦果，紫黑色，并有绒毛状白色冠毛，千粒重1.2克。根茎叶都布满乳汁管，折断后即流出白色浆汁。

2.生物学特性

苦荬菜适应性强，既耐寒也耐热，早春地表化冻时即可播种或顶凌播种，夏季高温多雨季节也生长良好。对土壤要求不严，微酸微碱性均能种植，但以排水良好有机质多而肥沃的壤土生长最好。对氮肥敏感。

苦荬菜再生性强，叶丛期收刈后能很快再生新叶，抽茎后生长较慢，但仍可刈割，从叶腋抽出新茎。营养生长期病虫害较少，偶而发现锈病，而在开花结实期常发生蚜虫。

3.栽培技术

播种期因地而异，南方较温暖地区可秋播，黄河以北地区只能春播。苦荬菜种子小，播种要浅，深度2～3厘米，播种量每亩0.5公斤，可直播也可育苗移栽。北方用阳畦育苗移栽较好，可提早利用，不论直播或移栽的植株长到30～40厘米时即可刈割利用，以

后每隔25~30天可刈割一次，刈割后及时施肥灌水和锄草松土，可促使其在生长期间不断再生，7月份开始抽苔，再生速度减慢，开花以后种子陆续成熟，一般收刈两三茬后再采种。

4.营养价值和利用方法

苦荬菜是一种高产优质的青饲料，在灌溉条件下亩产可达5000～7500公斤，高的可达1万公斤以上。质量好，含有丰富的粗蛋白质和维生素，柔嫩多汁、味稍苦、甘凉，各种畜禽均喜食，是夏季猪鸡最好的青饲料，其营养成分，风干茎叶水分含量11.29%，粗蛋白质19.74 %，粗脂肪6.72%，粗纤维9.63%，无氮浸出物44.02%，灰分8.6%。

十、籽粒苋

1982年开始从美国Rodale研究中心引进三个籽粒苋新品种，3年来在全国22个省市试种获得成功，并明确了黄淮海平原为最适引种区之一。1985年仅河南省不完全统计就种了约5500亩以上，成为当地有希望的一种新型作物。

1.植物学特征

籽粒苋又叫粒用苋，是苋科苋属的一年生粮食、饲料兼用作物。其种子可代粮、鲜茎叶及籽粒能作饲料。茎直立，叶宽大而繁茂，主根粗壮，种子小（约小米粒的二分之一大），每株结籽多的可达10万粒。国外南北美洲、亚洲、非洲不少国家均有种植，国内东北、华北、云南、西藏等地也有当地品种(千穗谷等)小面积栽培，但品质、产量不如引进的品种。从美国引进的三个籽粒苋品种为：No1，Amaranthus hypochondria-cus82S—1023(千穗谷No1)原产地墨西哥，籽粒淡黄色；No2，A、hxpochondriacus82S—1024，（千穗谷No2）原产地墨西哥，籽粒棕黄色；No3，A、hybridus82S—1004，（绿穗苋No3）原产地巴基斯坦，籽粒紫黑色，A.cruentus(红苋)k_{112}红叶红穗，R_{104}绿叶黄穗，皆为杂交新品种、白粒。

2.籽粒苋的特点

（1）产量较高　三个品种春播一般都生长良好，每亩可获100～200公斤的种子及1500～2500公斤的半干茎叶；如以生产鲜茎叶作饲料，则每亩可获5000～10000公斤(刈割2～3次)。一般生育期No.1，No.2，L_{112}为4～4.5个月，No.3，R_{104}为3～3.5个月。除了春播以外，在冬小麦产区种植麦茬籽粒苋也可获得一定产量。例如商丘于1984年5月9日在棉花宽行间撒播No.2籽粒苋进行育苗，待小麦收后于6月12日开沟移栽苋苗，长势良好，亩产种子155公斤。河北省邯郸在麦收后种籽粒苋，秋后亩产也可达150多公斤种子。主花序成熟收割后，又可萌发出二茬苋，也能完成生育期。商丘县的一块地于4月25日春播No3品种，8月中旬收下主花序（结实中期），亩收种子125公斤，继而又自然萌发出二茬支花序，于10月下旬再次收刈，亩产种子52.5公斤，除种子外，两茬还收刈了亩产2000多公斤的半干茎叶作饲料。一年收两茬表明籽粒苋生活力很强。若以收获青饲料为目的，便可一年割二、三茬，这样每亩可获7500～12500公斤青鲜饲料。

（2）抗逆性强　籽粒苋的耐旱性高于一般作物，与其他作物相比，其需水量较少。测定了其生长盛期的需水量（形成1克干物质所需水分的克数）为570.7，相当于同期玉米需水量的45.1%，在黄河故道沙地上试种，出苗率达90%以上。在河南宁陵县三丈寺沙地种植，1984年6月20日前干旱无雨，邻近的棉花及花生苗分别旱死20%及10%，而

籽粒苋却无受旱萎蔫现象发生，最后亩产70～100公斤。籽粒苋还具有较高的耐盐性，进行NaCl溶液发芽试验观察到，No.1及No.2品种在0.5%NaCl范围内发芽正常，在0.7%中发芽受抑；NO3品种在0.3%范围内发芽正常，在0.5%浓度下发芽严重受抑。在古黄河背河洼地的商丘县孔集乡盐碱地上试种，其表层0～5厘米，5～10厘米，10～20厘米，20～30厘米的全盐含量分别为0.56%、0.38%、0.13%、0.08%，0～10厘米，pH值为7.9。在该地块上种其他各类作物很难捉住苗，种籽粒苋经移栽后可达到全苗，亩产种子58.5公斤，而邻近营养钵育苗移栽的棉花，叶片发黄变皱，缺苗30%。

(3)蛋白质含量高、营养成分丰富　种子中的蛋白质含量为16%左右(干重，下同)，高于小麦、水稻、玉米、高粱、黑麦、大麦，赖氨酸含量1%左右，相当于小麦的2倍，玉米、小米的3倍。脂肪含量6.81%，远高于小麦（2%）、稻米（2.5%）及玉米（2.3%），并且质量好，主要成分为不饱和脂肪酸，占70～80%。淀粉含量约61%。种子中Ca含量尤其丰富。籽粒苋鲜茎、叶中的营养成分也很丰富，例如适于做青饲料的红苋K112，开花初期植株（高1.5米）叶子的蛋白质含量达28.31%，茎15.57%；叶子的赖氨酸含量0.72%，茎0.22%，而其成熟收籽期的叶片仍保持鲜绿红色，蛋白质含量达18.57%，均达到优质饲草紫花苜蓿的水平。

(4)播种量小　每亩只需50克，繁殖系数高达3000，故可大大节省播种量，引种时可就地解决种源问题。

在引种试验过程中也存在一些问题，例如在个别地块上出现分离、退化、倒伏、贪青等现象，可用栽培措施加以调控解决。

3.栽 培 技 术

(1) 播种期　无严格限制，最好春播秋收，也可种麦茬苋，最迟可至7月中旬播种，早霜前收一部分成熟了的种子。开春播种要在土温高于16°C时为宜，北京地区约4月20日左右，河南4月中旬左右，东北5月中旬，麦茬苋最好先育苗后移栽，也直播可。在盐碱地上，播种期如地温较低，地膜覆盖是促进出苗及增产的途径之一。

(2)播种方式　精细整地，雨后或墒情好时下种，播深1～2厘米左右，开沟撒种，复土后用脚轻轻镇压，麦茬苋可免耕开沟撒播，育苗移栽要提前15～20天播种，下种量可减少。床深40厘米，填20厘米厚肥土，先灌足水，水渗后撒种，用细筛复土0.5～1厘米，上盖薄膜。7天后苗高2厘米时适当通风，床温勿高于40°C，苗高10～15厘米时带土移栽。一般行距50～70厘米，株距15～20厘米。

(3)田间管理　苗期如遇旱灌水以利保苗。怕涝，需排水良好的生境。适当施肥会促高产。

(4)收割　由于花序稠密，成熟期不一，应分期采收。第一次采收应在70～80%的籽粒成熟时进行。籽粒成熟的标志是主花序中部籽粒稍有发黄，发亮，用手搓摸时有脱粒现象。如作青饲料，收刈期宜在现蕾、开花初期进行，留茬40厘米，一年可收2-3次。收籽后的茎杆可粉碎喂猪，老叶喂牛羊，糠皮喂鸡或猪。

第十七章 黄淮海平原蚕桑生产

第一节 蚕桑生产概况、发展潜力和效益

一、生产概况

我国是蚕桑生产的发源地，是世界上最早栽桑、养蚕、缫丝、织绸的国家。据考察，远在公元前1562～1066年殷商时代的青铜器上已有装饰蚕形花纹，甲骨文中有“桑和蚕”的文字。将桑用作地名的有“在桑”、“田桑”和“桑林”等的记载。1926年我国考古工作者在山西省夏县西阴村的新石器时代的遗址中，曾发现过一个被刀子切割过的蚕茧，说明黄河流域很早就有了蚕桑。将蚕桑载入历史书籍的有《诗经》、《尚书、《孟子》等多部著作。《诗经》是西周到春秋时期的一部诗歌总集，其中关于栽蚕、采桑的诗句甚多，如《幽风、七月》中“春日载阳，有鸣仓庚。女执懿筐，遵彼微行，爰求柔桑”。描写了在风和日丽的暮春季节，姑娘们采桑养蚕忙碌的情景，也说明了当时的蚕桑生产已很普遍了。在黄河中下游地区，又以山东的蚕桑业最为发达（山东在周代是齐鲁两国封地）秦汉时代山东仍是全国蚕桑业最发达的地方，周秦以后蚕桑业才由黄河流域向西传到四川，向南遍及长江流域，以后再扩展到广东、福建等地。

历史上黄河流域蚕桑生产的衰落是由于战乱的摧残，从东汉末期到宋朝的近千年中，黄河流域的战乱频繁，人口向南迁徙，经济受到严重摧残，蚕桑业也逐渐衰落。宋朝以后蚕桑业的重心就由黄河中下游地区转移到长河流域的浙江、江苏一带，但由于黄河流域的自然条件宜桑宜蚕加上传统习惯，蚕桑业仍获得了较大发展。

黄淮海平原的主要蚕桑区包括山东、河南、河北、安徽、江苏部分地区。这些地区土层深厚，地形平坦，气候较干燥，年平均气温10～14°C，大部分地区昼夜温差大，春季多大风，年降雨量500～900毫米不等，不但年际差异大，而且各季雨量分布极不均匀，全年雨量的50～70%集中在夏季，尤其以7月为多，常出现春旱现象。但在桑树生长季节，光热资源丰富，每天的日照时间较长，在肥料和水分充足的情况下，蚕桑生长良好，夏秋季出现特殊高温少，有利于全年饲养多丝量蚕品种。

1983年选择了位于黄淮海平原南缘、淮河灌溉总渠以北的江苏省睢宁县和宿迁县进行蚕桑业开发研究。此地历史上是春旱夏涝，十年九灾的地区，农业生产低而不稳，结构单一，多种经营发展较差，耕作原以旱作为主。自1978年前后发展栽桑养蚕以来，成片桑园的面积有数十亩到百余亩不等，适于机耕。1982年两县有桑园5.1万亩，其中一半左右是新桑，但由于技术条件的限制，平均亩产茧仅20～31公斤，为全国平均水平的50～77%，鲜茧出丝率只有9%，低于全国平均数的10～20%，急待研究提高蚕茧的产量和质量，树立高产、优质、低耗的大面积典型，开发和指导黄淮海流域的蚕桑生产，

促进农村经济的发展。

三年来，由中国农业科学院蚕业研究所和江苏省农林厅，通过多学科协作和多部门联合攻关，研究出实用性较强的桑园高产栽培技术体系和省力、高产、优质养蚕技术体系。实施后，试验区2425亩桑田的亩产茧量由45公斤提高到110公斤，蚕茧出丝率由9%提高到15.9%。经济效益和社会效益十分显著；技术增产占总增产的41.61%，技术增值占总增值的44.19%；示范区的技术增产和技术增值也分别达到44.26%和41.43%。本成果首次在黄淮海中低产地区树立大面积的蚕茧优质高产典型，达到国内先进水平。

二、发展潜力与效益

1.桑园边际产量上升趋势明显

根据对当地自然条件和生产水平的调查认为，桑园有着较大的增产潜力。影响桑园产量提高的主要限制因素是土壤水分、施肥结构和施肥水平，特别是肥料投入量与桑叶增产之间,应归结于施肥的经济效益。一般要求投入的化肥少,得到的农产品效益高于或等于所用化肥增量的价值是理想的。故选择接近试验区平均产量的5户，应用“施肥经济界限”的公式计算桑田边际产量与经济效益。1984年试验区平均亩产茧92.5公斤，按土壤水解氮含量、氮素转化率、氮肥利用率等，计算每亩桑田纯氮施用量为20.65公斤，5户的平均每亩纯氮施用量为24.29公斤，按1982～1984年逐年桑叶产量、增产量、投入氮肥量、氮肥增量，计算出的桑园边际产量表明：投肥效果在当地土壤肥力和管理条件下，上升趋势明显，具有较大的增产潜力。

2.桑园的产投效益

为了进一步明确蚕桑业在农村经济中所占的地位，调查了农户中从事种植业的种类、物质投入和经济效益等,为调整农业生产结构,提高生产力,发展优势产品提供依据。

睢宁姚集农田的种植结构有麦——稻、麦——玉米等，主要经济作物有蚕桑、林业等；宿迁丁咀除农田稻麦结构外，有蚕桑和金针菜等，其成本效益对比是：

(1) 产投比　农作麦——稻、麦——玉米的产投比值范围在2.08～2.83之间；桑田3.41～4.05；金针菜8～10.37。金针菜＞桑＞农作物。

(2) 亩成本　农作物亩成本54.95～97.39元；桑田(培桑养蚕)107.85～227元，金针菜40～42.8元，金针菜＜农作物＜桑。

(3) 亩产值　农作物149.2～267元,桑400～805.5元，金针菜320～444元。桑＞金针菜＞农作物。

(4) 净收入　农作物92.87～142.47元，桑292.15～578.3元，金针菜280～401.2元。桑＞金针菜＞农作物。

3.蚕桑生产的社会效益

对睢宁县姚集乡四个攻关村调查农业结构，扩大桑园面积后的农村经济面貌作了调查,结果认为：蚕桑生产的发展，促进了粮食产量持续上升，农副业收入不断增加，农、林、牧、副、渔的全面发展，带来了农村面貌一新，逐步走上富裕道路。从四个村的调查来看，各方面均发生了巨大变化。

(1)生态环境得到改善　调整农业结构中,林木比重有一定的增加,覆盖率达15.5%。桑园面积从1982年占耕地面积的4.7%增加到1985年12.73%，对这地区的土壤起着防风

固沙，保持土壤水分等作用，取得了比较明显的生态效益。

(2) 粮食产量稳步上升，蚕茧产量大幅度增长　通过农作物调整后，主要以粮食作物和桑树为主，经3年来的攻关努力，取得了粮、茧双高产。四个村的粮食作物面积从1982年到1985年虽减少9%，粮食产量却从1982年的2714吨增加到1984年的3852.2吨，增长41.94%。桑田面积从1982年的446亩，发展到1985年的1206亩，扩大面积1.7倍。而蚕茧产量从1982年的166.5公担，增加到1984年的1055.14公担，增长5.39倍，亩产茧量从1982年的37.35公斤，到1984年增加到87.5公斤，增长1.34倍，其中高党村亩产茧已达106公斤，比攻关前的1982年增长1.34倍，总产茧量增长3.27倍，粮食总产量仍然大幅度增产，增长32%。

(3) 农副业总产值上升，蚕茧收入比重增加　三年来，农林牧副渔相互促进，相辅相成，四个攻关村1982年农副业总收入132.73万元，到1984年达425.87万元，比1982年增长2.21倍，其中蚕茧收入1982年5.697万元，到1984年提高到42.48万元，增长6.46倍。特别是重点发展的高党村，桑田面积占耕地面积的21.2%，1984年蚕茧收入达到20.12万元，占种植业总收入的60.26%，占农林牧副渔总收入的25.5%，现金收入的44%。由于农桑结构的调整，单一经营的改变和妇女劳力的利用，蚕桑生产有力地促进了农业生产的发展和农村经济面貌的改变，姚集点四个村，在2、3年内粮食产量增加41.94%；桑园面积增加1.7倍，蚕茧产量增加5.49倍，1984年农副业总产值比1982年增长近300万元。

第二节　发展蚕桑生产及其技术体系

一、桑园高产栽培的关键因素及其技术体系

1.气候特点与桑园增产

桑树栽培的重要任务是研究外界条件对桑树生长发育的影响，创造有利于提高桑树产量和质量的条件，以获得优质高产的桑叶。

(1)春旱气候、桑树蒸腾量与桑园灌溉　蚕桑业开发区的江苏省宿迁、睢宁两地位于黄淮海平原南缘，分别居东经117～118°，北纬33～34°。属北亚热带向暖温带过渡的地带，年平均气温14～14.1°C，无霜期200～220天，全年零度以上天数约312天，积温5160°C，总辐射量达118.9千卡。年降雨量800～910毫米，雨日100天左右，雨量分布不够均匀，春季降雨少，具有春旱气候特征，在地理位置上，以西北部较易发生旱情。春蚕期4～5月桑树春叶产量占全年产叶量的40～50%，降水量只占桑树生长期3～10月的13.2%，同时年际差异也较大。以睢宁县1961～1980年4～5月的降雨量为例，平均143.21毫米，最小年为32.1毫米（1978年），最大年419.3毫米(1963年)，最大年为最小年的13倍。1983年春旱也十分严重，4～5月仅降水25.2毫米，约占生长期降水量的3.35%，连旱20天以上。

由于江苏省徐淮地区自东向西，具有海洋气候向大陆气候过渡的特征，所以睢宁县比宿迁县空气干燥，蒸发量大。桑树的需水量除地区差异外，在同一地区则随雨量年型而异，特殊干旱年较干旱年需水量增加15%左右，湿润年型却要减少5%。据有关试

验认为，桑树自4月发芽至5月叶片成长期间湖桑32号的蒸腾强度为：

晴天　53克／米^2·小时或1.272公斤／米^2·日

阴天　18.7克／米^2·小时或0.4488公斤／米^2·日

叶面积指数为4时，每亩桑田1昼夜的蒸腾量为：

晴天　1.272×667×4＝3393.7公斤水

阴天　0.4488×667×4＝1197.4公斤水

4、5月份　如晴天为40天，则失水135747.8公斤水

　　　　　阴（雨）天为21天，则失水25145.4公斤水

合计4、5月份失水　　160893.2公斤水，相当于160.89吨水／亩，4、5月

降水50毫米相当于　　0.05×667＝33.5吨水

100毫米相当于　　0.1×667＝66.7吨水

500毫米相当于　　0.5×667＝335吨水

所以，4、5月份降水量低于150毫米时应考虑灌溉，高于200毫米时则不必灌溉

以上计算①未考虑蒸发量

②降水量高时，由于阴雨日数多，故蒸腾量应比上列计算值低。

(2) 降雨量与蚕茧产量及灌溉机率分析　据睢宁县气象资料及桑树需水量分布，1961～1985年的25年中，4～5月出现特殊干旱6年，两个月的平均降雨量36.28毫米，仅为桑树需水量的18.14%，每年应春灌3次以上，机率24；中等干旱5年，平均降雨量84.28毫米，为桑树需水量的42.14%，应春灌2～3次，机率20；一般干旱7年，平均降雨量122毫米，为桑树需水量的61%，应春灌1～2次，机率28；湿润年5年，平均降雨量195.72毫米，接近桑树需水量，一般不需灌溉，机率20；多湿年2年，降雨373.65毫米，需排水，机率8。

4、5月份降雨量与桑叶含水率，蚕茧产量密切相关。1983年遇特殊干旱，壮蚕期桑叶含水率不到60%，比正常含水率低18～20%，是影响春蚕茧产量的重要因素之一。

调查历年(1961～1980)4、5月雨量年型与春蚕茧产量的关系表明，春蚕茧产量以湿润年最高，特殊干旱年最低。随降雨量增加，蚕茧产量相应提高，同时降雨量过多，也不利于蚕作稳定。

(3)灌溉的增产效果　1984～1985年经试验和调查表明，在中等干旱年或一般干旱年于相同土质、培肥的田块中，于发芽前春灌一次，能有效地促进桑树生长，亩产叶增加35%，见表17-1、2。

表17-1　春灌与不春灌桑树生长比较

(睢宁，1984—1985)

处理	树干围度（厘米）	单株条数（条）	单株条长（厘米）	平均条径（厘米）
灌区	15.8	9.6	1739	1.5
非灌区	12.86	8.2	1326	1.3

注：品种湖桑32号，3年生，亩栽900株，施肥水平每亩纯氮45公斤。

2.桑田物质流的生态经济效果

物质流是研究农田生态系统功能的基础研究。农业生产是通过绿色植物的光合作用，把自然界的无机营养元素合成生物体有机物的过程。物质流的研究对象，主要是从农田生态开始，对土壤——农作物系统中的氮素营养循环作研究。有关这方面的工作，在桑树栽培上还开展得很不够，这里仅对宿迁丁咀和睢宁姚集作了初步探讨：

表17-2　春灌与不春灌桑叶产叶量比较（睢宁，1984）

处理	产叶量（公斤／株）				全年	公斤叶片数	亩产叶（公斤）	指数
	春芽叶	夏叶	中秋	晚秋				
灌区	1.17	0.42	0.91	0.77	3.27	396	2943	135
非灌区	0.82	0.29	0.68	0.64	2.43	436	2182.5	100

（1）三要素投入情况　据调查，试验区高产桑田（10户平均,年产桑叶2250～2500公斤）每亩氮肥投入量达44.9～49.04公斤纯氮。姚集、丁咀两地随生产情况和自然条件不同，投入量略有差异。从投肥结构看有机氮与无机氮之比，平均为0.43，说明在桑田中无机氮的投入比例较高，见表17-3。

表17-3　试验区高产桑园氮肥投入情况（纯氮公斤／亩，1984）

地点	无机氮（范围值／平均值）	有机氮（范围值／平均值）	有机、无机氮素合计	有机氮／无机氮
睢宁姚集（5户）	31.98～41.13／35.37	10.5～17.36／13.67	49.04	0.39
宿迁丁咀（5户）	26～36.5／30.3	10～17.5／14.6	44.9	0.48
两地平均	32.84	14.14	46.97	0.43

桑园中投入氮磷钾的比例，见表17-4

表17-4　试验区桑园氮磷钾投入比例（1984）

桑园类型	树龄	亩栽株数	投入三要素量及比例			
			氮	磷	钾	N∶P∶K
速成密植桑园	一年生	1500	68.44～80.4／74.4	9～15.8／12.4	25.9～30.3／28.1	12∶2∶5
丰产成林桑园	三年生	800～1000	88.9～95.7／92.3	14.8～20／17.4	39.3～45.7／42.5	11∶2∶5
中产成林桑园	四年生	800～1000	67.04～70／68.52	8～15／11.5	8.4～12／10.2	11∶2∶1.7

注：氮、磷、钾为范围值／平均值

调查几种类型桑园的三要素投入量表明，磷钾肥的比例偏低。

（2）氮素转化效率　桑园的氮素转化效率是以投入一公斤氮素所能生产的桑叶量来计算。实测宿迁、睢宁两地的桑园，其氮素转化效率以姚集高党为最高，每公斤纯氮达30.52公斤桑叶，依次为丁咀继先村为28.58公斤、丁咀曹坊村28.18公斤、姚集娄埝村27.22公斤。影响桑园氮素转化效率的因素较多，除与产量、水肥管理有关外，还与土壤肥力、投入肥料的结构等有关。

（3）高产栽培施氮分析　根据土壤水解氮含量、氮素转化率、氮肥利用率，分析在产桑叶1500、2000、2500公斤时的施氮标准。其计算公式是：

目标产叶量÷氮素转化效率＝需氮量

（需氮量－土壤水解氮量）÷氮素利用率＝需补施氮素量

表17-5　试验区每亩产叶1500、2000、2500公斤的施氮分析（1984）

试验点	耕作层水解氮（公斤／亩）	产1500公斤叶需补施氮素量（公斤／亩）	产2000公斤叶需补施氮素量（公斤／亩）	产2500公斤叶需补施氮素量（公斤／亩）
继先楼东组	13.35	21.5	36.06	50.46
曹坊南西组	11.85	24.6	39.39	54.18
高党王二组	10.8	22.96	36.01	50.26
娄埝	6.45	35.18	50.49	68.79

注：氮肥利用率（尿素）以60%计算。

由表17-5可知，耕作层水解氮在每亩10.8～13.35公斤则年产叶1500公斤的桑园，需施氮21.5～24.6公斤；2000公斤叶的，需施氮36.06～39.39公斤；2500公斤叶的需施氮50.26～54.18公斤，姚集娄埝低产桑园的耕作层水解氮每亩只有6.45公斤，氮肥转化效率也最低，故达到以上指标分别需施氮35.18、50.49、68.79公斤。为科学施肥提供了依据。

3.桑树高产栽培技术体系

根据蚕桑业开发区的特定条件（气候、土壤、病虫发生情况、耕作制度等）制定本体系，能达到桑园快速高产、优质、低耗的要求。

（1）桑品种选择　桑树品种以适应性强，产叶量高的湖桑32号为主要当家品种，辅以早生、丰产桑品种育2号作稚蚕用桑，引进中生、丰产、优质品种7307号和早生丰产品种7311等进行试栽。继续选择适应当地的丰产、优质桑品种扩大繁育和应用。

（2）桑园设置　稚蚕专用桑园的建立（包括管理），稚蚕专业饲养室需建立相应的稚蚕专用桑园。

①面积：以饲养10张蚕种建立1～1.2亩的比例，发展稚蚕专用桑园；

②选地：选择地点适中，灌溉方便，土壤含盐量在0.2%以下的土地栽桑；

③育苗：以普通袋接法或扦插（成活率较高的品种）法繁育桑苗；

④栽植：以0.67×1.67米或0.5×1.67米的行宽株密形式，亩栽600～800株；

⑤树型养成：以中干偏低形式（主干0.33米，第一支干0.23～0.27米，第二支干0.17米）养成树型；

⑥培管：成林前间作冬、夏两季绿肥，增加土壤有机质，使肥料中的三要素含量比例达5（氮）：3（磷）：4（钾）或6：3：4；有机氮和无机氮之比达0.7～1，根据当地土壤缺钾现状应特别重视对钾肥的施用，以提高桑叶质量；

⑦春季收获稚蚕用叶后，于5月中旬春蚕四龄期伐条（伐下的余叶，可供农户饲养壮蚕），长出新枝叶作夏蚕稚蚕用桑；6月底、7月初摘芯、长出新枝叶作中秋、晚秋稚蚕用桑。

生产桑园的建立

①栽植：以0.5×1.33米或0.33×1.33米的行宽株密形式，亩栽1000或1500株。

②树型：以低干养成型式（主干0.1～0.17米，第一支干0.17～0.2米）养成树型。

（3）培肥管理技术　①间作绿肥增施有机肥，每年间作一季冬绿肥苕子，于9月中下旬播种，施磷肥7.5～10公斤作基肥。要求亩产鲜茎叶1000～1500公斤，于次年4月中下旬就地埋青；增施农家土杂肥，使有机氮与无机氮之比达0.6～0.7；

②施肥标准，根据当地土壤理化性状，氮素转化效率等。如以亩产1500公斤桑叶为目标的桑园，需施纯氮21.5～24.6公斤；2000公斤叶的，需施纯氮36.06～39.39公斤；2500公斤叶的需要施纯氮50.29～54.18公斤，再按7：3：5的氮磷钾比例投入磷钾肥。

③全年施肥比例夏秋肥占全年施肥量的40～50%，春肥占30%，冬肥占20～30%。

④其他管理措施；注意施肥后的松土和灌水等，以充分发挥肥效，提高桑叶产量和质量。

（4）桑叶收获技术　桑叶收获技术与养蚕数量有密切关系，按攻关3年中各季蚕的饲养比例，可做到合理采收的目的。每亩成林桑园可饲养春蚕种1～1.2张，5月初收蚁，5月下旬于春蚕壮蚕期连枝带叶伐条收获桑叶，用条桑或全芽饲蚕；桑树夏伐后需进行培管，促进桑树生长，至6月下旬、7月上旬，可生长15～20片桑叶，此时正值夏蚕壮蚕期，结合桑树疏芽，自下而上采叶。饲养比例约占春种张数的40%，饲蚕后，每根枝条上尚需留叶8～10片，采叶后加强田间管理；至8月下旬、9月上旬自下而上采收片叶饲养中秋壮蚕，饲养张数约占春种的100～120%，要求饲蚕后枝梢留叶10～12片；至10月上旬晚秋蚕壮蚕期（量叶饲养），枝条上有叶15片左右，用叶后枝梢至少有叶3～4片，以利于桑树积累养分，确保有足够的贮藏养分越冬。

（5）桑园灌溉与防涝　根据当地春季（4～5月）雨量年型可分为特殊干旱、中等干旱、一般干旱、湿润和多湿等5种年型。调查1961～1985年的25年中，出现特殊干旱6年，2个月的平均降雨量36.28毫米，仅为桑树需水量的18.14%，每年应春灌3次以上；中等干旱5年，平均降雨量84.28毫米，为桑树需水量的42.14%，应春灌2～3次；一般干旱7年，年均降雨量122毫米，为桑树需水量的61%，应春灌1～2次，每次每亩灌水40～50方，灌后松土。其余为湿润年5年，多湿年2年，简言之，10年有7年遇到不同程度的春旱。因此，建立灌溉系统，加强桑园的春季水分管理，是本地区桑园管理的重要措施之一。而雨季一般出现在7～8月份，正是桑树旺盛生长季节，对排水不畅的桑田，要疏通沟渠，避免积水和引起桑树生理干旱，影响生长和产量的提高。

(6) 桑病虫防治技术　近年来当地的桑树病、虫害有迅速蔓延的趋势，其主要桑病虫及防治措施如下：

①桑萎缩病　本病有黄化型和萎缩型，在丁咀乡继先村的桑田已发现桑黄化型萎缩病的为害。其主要防治方法是：及时挖除病树，减少病原；夏伐后随即用1000～1500倍敌敌畏或马拉松喷洒树干和残留叶，药杀媒介昆虫桑菱纹叶蝉；逐步扩大育2号、湖桑7号等抗病品种的栽植面积，以控制病害的发展和蔓延。

②桑黑枯性细菌病　又称桑细菌病、桑疫病。本病在春季发生的多为缩叶型，夏秋季多为黑枯型，在夏秋季多雨时为害较严重。主要防治方法：发病初期在病斑以下10厘米处剪除病枝；夏秋季采叶时要摘叶留柄，避免从伤口侵入病菌；药剂防治；剪去病梢后，用300～500单位土霉素液喷布防治，减少为害；选栽抗病性较强的品种，如湖桑 199 号，育2号等。

③桑螟　近年来在当地为害较严重，为害盛期在秋季，主要防治方法：药杀幼虫掌握在各代幼虫发生期，用80％敌敌畏乳剂2000倍液或90％晶体敌百虫液防治，前者喷药后隔4天，后者隔15天方可采叶养蚕；冬季清除桑园落叶和杂草，并用粘土填塞树干裂缝。

④金龟子类　药剂防治：在傍晚日落后，喷50％辛硫磷乳油2000倍液；对其幼虫的栖息地可施用18％的氨水作桑树追肥，每亩25～30公斤，可收到兼治其幼虫的效果。

⑤桑蓟马　本虫为害盛期在8月份，可在7月下旬用40％乐果乳剂1500倍液或50％辛硫磷乳剂3000倍液，前者隔7天，后者隔5天可安全采叶饲蚕。蚕期治虫要划片进行，并掌握残效期。

⑥桑白蚧　在低干密植桑园发生较多，主要防治方法：冬季或早春桑芽萌发前抹杀枝干上的越冬雌介壳虫；掌握各代幼虫初孵期用50％亚胺硫磷乳剂500～800倍液或50％二溴磷乳剂800～1000倍液，任选一种喷撒防治；用石油乳剂15～20倍液（夏伐后），8～10倍液（冬季）或用波美4～5度石硫合剂（夏伐后），波美8～10度（冬季）喷撒或涂抹树干。

(7) 其他管理技术　桑园的其他管理技术如冬耕、除草、结束、修枝等工作按常规法进行。

二、高产优质的养蚕技术及其体系

1.养蚕合理布局

黄淮海地区的光、热、水（夏秋季）资源比较丰富，桑树生长旺盛，据在江苏省宿迁县、睢宁县实践，全年可养蚕4～5次，但为提高蚕茧质量以饲养4次为宜，其布局如下：

(1) 春蚕饲养　春蚕期的气候与叶质条件较好，养蚕能获得优质高产。在做好蚕、叶平衡的基础上，要尽量养足。饲养产量高、丝质优的多丝量蚕品种。春蚕种在 4 月20日前后出库，5月1日发种，2～3日收蚁，5月底上簇。

(2)夏秋蚕饲养　夏蚕饲料主要是利用疏芽叶和新条上的下部叶。夏蚕期气温不太高，桑叶新鲜柔嫩，比较好养，可以饲养丝量多、丝质好的蚕品种。一般发种张数可为春种的35～40％，收蚁日期在6月20日前后。适当提早养秋蚕，在8月15日～20日之间收蚁，发种比例为春种的100～120％，中秋蚕期气候、桑叶质量较好，如养蚕设备、技术条件好的蚕区，可以饲养多丝量蚕品种。晚秋蚕期气候适宜、桑叶好，有利于蚕的生长发育，能

饲养多丝量蚕品种，饲养量要根据桑叶的多少尽量饲养，但饲蚕后桑条梢端要保留3～4片叶，以利桑树积累养分，安全越冬。

2.贯彻严格的消毒防病措施

实践证明，彻底消毒是养好蚕的前提。在攻关实践中建立了一整套的消毒防病制度，并贯穿于养蚕全过程。

（1）养蚕前的消毒　蚕具搬出蚕室后，蚕室、贮桑室及其他附属室，室内外要全面打扫清洁干净。蚕具要充分清净，室内墙壁用石灰水全面粉刷。蚕室、蚕具的消毒，先用3%石灰浆或1%有效氯漂白粉溶液全面喷洒消毒，小蚕网、蚕筷等进行煮沸消毒。塑料薄膜、鹅毛用漂白粉消毒，可选用优氯净、福尔马林等进行熏烟消毒，24小时后再开放门窗，使蚕室蚕具充分干燥，以上消毒工作必须在收蚁前5天全部完成，可达到彻底消毒的目的。

（2）蚕期中消毒　养蚕人员给桑前要洗手。在蚕室门前出入处设石灰坑。未经消毒的蚕具不能使用。贮桑室、蚕室每隔2～3天用含有效氯0.5～1%漂白粉溶液消毒一次。蚁蚕及各龄起蚕进行蚕体消毒，严格防止蚕座内第二次感染。为了防止多化性蚕蛆蝇的为害，大蚕期要添食或体喷灭蚕蝇药液。并根据养蚕情况添食氯霉素药液，以预防细菌病。

（3）养蚕结束后的消毒　养蚕采茧后，要将力量集中，及时清理消毒，防止病原扩散。将蚕室、贮桑室和上簇用具等，先用1%有效氯漂白粉液或1～2%石灰浆喷洒消毒一次。打扫清洁蚕室及四周环境，扫除的废物集中烧毁。方格簇经清理消毒后晒干保存。

3.小蚕专业化饲养

养好小蚕是保证蚕茧丰收的关键。因此，根据小蚕的生理特点创造良好的环境条件，运用各项科学技术，进行小蚕专业化饲养，是黄淮海地区开发研究的主要任务之一。

该地区是蚕桑新发展地区，蚕室蚕具缺乏，科学养蚕技术水平低，经验不足，加上春季常是低温、干旱，夏秋季雨涝、高温、多湿，需要采取相应对策，确保养好小蚕。

三年来，采用组装配套的技术路线，运用中国农业科学院蚕业研究所小蚕专业化饲育养蚕技术，并结合黄淮海地区特点进行试验研究与示范推广，充实和提高了小蚕饲育体系。大面积生产实践证明，在黄淮海地区，采用小蚕专业化饲养的形式，对提高蚕茧产量与质量，增加农民收益都起到良好的作用，是行之有效的技术。例如刘西组饲养75.5张中秋蚕，其中28.5张是农户分散自育的，由于房屋设备、养蚕技术、防病措施等跟不上，平均张产茧只有5.25公斤，张产值14.70元，而同期专业化共育的47张种基本无病，平均张茧21.2公斤，张产值70.90元。

（1）建立以小蚕炕房育为主体的专业化饲育室　小蚕炕房育是目前饲育小蚕的最好形式，它在温度、湿度、空气、营养等方面，都为小蚕创造了良好的条件。小蚕专业化饲育要达到“三专一远”，即专室、专具、专人和共育室远离大蚕室。

对泥墙草顶、密闭性能差、缺少专用贮桑室的蚕室，设计建造了砖木结构标准化的炕房饲育室，主要作以下几方面的改革：

①砖木结构房屋设天花板，墙面粉刷纸筋石灰，铺砖或水泥地面，以便于消毒防病。

②饲育室内墙壁、房顶、门窗能起到保温和防热作用。

③改进加温设施，在炕房内建“双进双出”四条烟道，烟道上铺黄砂，作为吸热、散热和补湿用。

④贮桑室、蚕室分开，增设清洁室作为饲养人员换鞋洗手的场所。

⑤在蚕室前设晒场、消毒池等。蔟沙坑要远离蚕室50米以外，防止病原传染。

改进后的小蚕炕房，不仅适应蚕生长发育的需要，而且还能保持桑叶新鲜，使蚕儿充分饱食，增强体质，增产蚕茧。经近年来在黄淮海地区使用，无论是在试验、示范区或为大面积生产应用证明，小蚕炕房育具有促进蚕的生长发育、节约用桑、节约劳力、增产蚕茧的优越性。同时炕房构造简单，加温燃料多样，养蚕成本较低。

（2）创制铁制或木制矮脚框架蚕匾　现行蚕匾有圆有方，大小不一，专业共育时操作很不方便。根据专业化饲养蚕座面积的要求，设计制作了铁制或木制矮脚框架匾，其制作规格与饲育特点有以下几点：

①基本尺寸：每只大匾面积2.15平方米。考虑到养蚕操作方便，匾框一般长为1.75米、宽1.2米。如与蚕室面积配合不上，可以改动，但要保证应有的面积。

②饲养量：一只大匾，可养一龄蚕2张，二龄1张，三龄0.5张。

③材料与制作：如用铁制边框，用2.5×2.5厘米、3毫米厚的小号角铁焊接而成，在四角焊接四只脚，脚高12厘米，用角铁或元钢均可。边框上钻有直径5毫米的小孔，中部偏密（孔距12厘米），两端较稀(孔距15厘米左右)。两对边孔眼不对称，即一边的孔眼与另一边两孔间中心位置相对。如不打孔，可沿角铁（距底边约0.5厘米）点焊Φ6.5毫米元钢,以便穿包扎带之用。匾框在制作中必须注意大小规格一致,脚与边框垂直，如打孔，孔面要光滑，框架制好后，应先涂防锈漆，再用包扎带上下拉紧成大眼网。在网上垫上相应大小的塑料编织布，便可养蚕。木制框架蚕匾，框架有大小两种，大的规格和铁框匾相同，小的为大匾面积的一半。

④特点：用框架匾饲养小蚕，蚕匾可迭饲，无需竹竿、梯形架、给桑架，比竹匾、蚕架组合蚕具投资省，经久耐用，洗涤方便，容易消毒彻底，而且蚕座大，边角小，给桑工效高，操作售蚕方便。在大面积生产中养蚕工效调查结果说明：1～3龄平均张种饲养作业时间为372分钟，矮脚铁框匾为311分钟，用矮脚蚕匾饲养小蚕操作时间可节省16.4%，养蚕工效提高19.6%。此外，用框架匾养蚕可以节省搭架、拆架工时，清洗也方便，因此从养蚕准备到小蚕饲育，用框架可比竹匾提高工效25%左右。

矮脚铁框匾的成本：制作匾框大小120×170厘米、脚高12厘米的矮脚铁框匾，每只需2.5号角钢7公斤，约4.60元，塑料编织布2平方米需1.7元，包扎带0.05公斤、0.3元，涂防锈漆工本0.5元，缝编织布穿包扎带0.5元，匾框加工费约5元，合计12.5元左右。与竹匾蚕具比较投资可省30%左右，木框蚕匾可以就地取材，农民可以自己制作，其成本降低幅度更大。

（3）绳索吊挂蚕台　经两年来的养蚕试验，设计了吊挂蚕台，并不断改进完善，在睢宁县姚集乡示范推广。

制作方法：先将塑料编织布缝成255×137厘米的蚕台布，两端缝有竹竿套，穿进竹竿（长137厘米），中间按等距离设置平行竹竿三根，固定于塑料布上。另用长竹竿两根，架于长方形塑料布下，扎紧两端竹竿绷紧蚕座。每台设蚕座12～14层，使用前蚕座四角的长竹竿套入悬挂的粗麻绳上，形成自由上下的绳索吊挂蚕台。

每层面积为2.89平方米,实用面积为2.22平方米,可饲养一龄蚕2张，二龄1张，三龄0.5张。使用方法：欲使蚕座升降，两人同时在蚕台两端移动绳索即可。蚕座调换位置，

一、二龄采用卷网调换法，三龄调位时，先在蚕座上覆盖塑料薄膜，将蚕座卷成双筒状调位。

试验结果表明，具有以下优点：

①与竹制蚕匾比，因结构简单，造价低廉，比竹匾可降低成本一倍以上。如用蚕匾每张种投资14～15元，而蚕台只需6.27元。

②操作方便，节省给桑劳动时间30.6%，节约除沙时间53.8%。同时，还减少了扩座分匾时间，提高了劳动工效。

③便于定量饲育，1龄每层饲育2张蚕种，2龄1张，3龄0.5张，因蚕座面积与养蚕面积相适，有利于养蚕技术标准化。

(4)小蚕专业化饲养技术的配套研究　小蚕专业化共育将分发蚕种改为分发小蚕，这样更有利于农村实行生产责任制的建立。由于专业化共育养蚕数量多，技术处理要求标准化、规格化，因此，对养蚕技术处理在组装配套的基础上，进行了以下必要的改进。

①采用黑暗保护法，提高一日孵化率。小蚕专业共育，饲养蚕种多，试验采用转青卵黑暗抑制法，能够达到一批收蚁，同批饲养的目的。其具体做法是：蚕种从催青室领回后，首先用收蚁框或纸包法平摊蚕种，一张种一个框，面积0.08平方米，蚕种摊好后用黑布遮盖，并使门窗不漏光，做到绝对黑陷。室内温度，在蚕期为75°F，第二天傍晚逐渐升高到78°F，夏秋期要尽量防止高温，以不超过80° F为宜。湿度一般干湿差2°F，据实验室和大面积生产调查，一日孵化率一般都可达90～95%。

②定卵量摊种，双网桑收法。小蚕专业化饲养，要求定量收蚁，但产量收蚁，费时又伤蚁体，改为定卵量摊种，可达到定量收蚁的目的。具体做法是：蚕种领到蚕室后，将品种和批次相同的蚕种清点数量后，全部蚕卵倒于清洁的白纸上，轻轻拌和后，称出总卵量，再以每张的平均卵量进行摊种。

摊种以一张种为单位使蚕种均匀地平摊于蚕匾的白纸上，上盖一只收蚁网，防止蚕卵滚动，至收蚁前，再在蚕卵上加盖一只收蚁网。给予条叶吸引蚁蚕，这样既能达到定量收蚁，又能在短时间内将蚁蚕收齐，又不伤蚁体。

③制订经济合理的蚕座面积。蚕座面积，是表示蚕在饲育中的稀密程度，它与共育室需要的蚕具数量、给桑劳力与蚕室大小、经营规模密切相关。就设备利用率和给桑作业效率来说，饲育密度越密越好。但是过密会导致蚕的发育不齐，适宜的密度与蚕品种和饲养方法有关。

④建立小蚕专用桑园和桑叶合理的采运贮。小蚕生长迅速，专业化共育饲养数量多，要求选择良好的桑园作为小蚕专用桑园，每饲养10张蚕种设置小蚕专用桑园1亩，加强培肥管理，防治病虫害，确保桑叶质量。在专用桑园尚未建立的共育组织，采取按饲养蚕种统一采叶的办法，这样可以根据小蚕生长发育要求保证用桑质量。

在采叶标准上，青蚕期根据叶色、叶位的方法选采适熟叶，多丝量蚕品种1～2龄需要有较多的蛋白质含量的桑叶，因此，以适熟偏嫩为好，采叶时间以早晨多采，傍晚少采，这样可以减轻因春旱桑叶含水量低，影响蚕的生长发育，以改善蚕的水分生理，提高蚕儿的消化吸收作用。

夏秋期的桑叶质量开差较大，尤应严格掌握标准，该地区7～9月份雨量充足，桑树生长茂盛，采叶标准应以适熟偏老的桑叶为宜，采叶的时间应以晚采为主，早采为辅。

桑叶采摘运回后应注意保持新鲜，要专室贮叶，湿布覆盖。有条件的采用活水贮叶，则更有利于桑叶的新鲜。

⑤保持适温适湿标准。根据现行多丝量蚕品种苏5×苏6和菁松×皓月的要求，小蚕期饲育中的温度标准是，1～2龄79～81° F，干湿差0.5～1° F，3龄77～78° F，干湿差2～3°F，眠中降温2～3° F，干湿差4～5° F，夏秋期饲养多丝量蚕品种，饲育温度超过以上标准时，要采取防温降温措施。

⑥实行少回育，进行称量给蚕。小蚕专业饲养采用炕房养蚕，因具有良好的保温保湿性能，可以少回育，每天给桑3～4次，进行称量给桑，挫桑型式切方块叶和长条叶均可。但眠前都要用方块叶，以利蚕座平整。

由于给桑回数少，必须超前扩座，各龄应在到达盛食期前，即扩大到最大面积。除沙次数一般一龄可不除沙，二龄起、眠除各一次，三龄除起、眠除外，还应增加中除一次。

⑦眠起处理技术。小蚕专业化饲育，在眠起处理上要做好以下三方面的工作：

加眠网宜早勿迟，由于少回育给桑间隔的时间长，蚕儿生长发育快，如果眠网加迟，网下有眠蚕，势必增加处理的困难；要力求饱食就眠，眠起齐一是专业化饲养中一个重要环节，对各龄小蚕要力求做到饱食就眠，如果眠起不齐，要及时提青分批，促使大批就眠齐一。眠前要控制飘叶，飘叶过多，不仅浪费桑叶，造成蚕座多湿，不利于眠蚕生理，如果蚕座残桑过多，早起蚕会先食桑叶，影响下龄眠起齐一；适时饷食。在一般情况下，待大批蚕竣蜕（即95%蜕皮）后3～6小时进行饷食。稍延迟饷食对蚕没有影响。因刚蜕皮的蚕中肠的围食膜尚未完全形成，消化吸收机能弱，因此，提早饷食会造成蚕儿发育和眠起不齐。由于黄淮海地区农村生产技术水平差，如夏秋期遇不良气候，则小蚕专业化共育，要力求做到适时饷食。

（5）小蚕专业化共育的规模和售蚕时间　小蚕专业化的规模，一次饲养蚕种一般以50～100张种为宜，有利于经营管理和技术的贯彻，如规模过大，技术力量跟不上，就会影响专业化共育的成绩。

共育室出售小蚕的时间，要根据共育蚕的多少、蚕具数量及技术力量决定，如果蚕室蚕具不足，技术力量薄弱，特别是夏秋蚕期则以3龄饷食后售蚕为好，如共育的房屋设备和技术力量都符合要求，则4龄饷食后售蚕更有利于蚕茧稳产高产。

（6）小蚕质量检查　试验区还普遍开展了小蚕质量检查。根据蚕头数多少，病毙蚕和落小蚕的比例，分别记分综合定价，实行优质优价，促进和推动了小蚕的饲养管理。

方法：在小蚕分蚕(即卖蚕)前一日，即大批二眠或三眠时对各蚕室进行抽样调查，每一蚕室的抽样量不少于蚕种张数的10%，即100张种抽10个样，50张种抽5个样，低于50张的至少抽5个样。每一样品取一单位面积(1平方市尺或1平方分米)的蚕，分别记数健蚕、落小蚕及病毙蚕头数。并量取张种面积，推算出张种头数及落小蚕、病毙蚕数，按表查记各项分数，最后计算各样品的平均值，得出该蚕室的质量分数，按分数计价。在分类计算时，落小蚕指正常小蚕。如落小蚕查出是病蚕，则应划入病蚕中记数。总头数中包括健蚕及正常落小蚕，病毙蚕不应计入。在计算各类百分率时，按下式进行。

$$病毙蚕百分率=\frac{病毙蚕头数}{总头数+病毙蚕数}\times 100$$

$$落小蚕百分率=\frac{正常落小蚕头数}{总头数}\times 100$$

总头数＝健蚕头数＋正常落小蚕数

4.壮蚕饲育

(1) 饲育形式和方法：

①饲育形式：为了发挥本地区的优势，用蚕台饲育壮蚕，可以简化养蚕工序提高工效。蚕座可利用农户现有的芦帘或用塑料编织布制作，蚕座通气性好，也可减少除沙次数。是适合本地区养蚕的饲育形式，有芦帘蚕台和塑料编织布蚕台以及绳索吊挂蚕台等。

②塑料编织布蚕台的制作：用长1.6米的细竹竿4根，把长2.5米、宽1.5米的塑料编织布横向撑开，然后用长2.3米的粗竹杆二根纵向固定绷紧后即成为蚕台，再用4根长2.8米的木柱做成支架，每根木柱钉铁钉18～20根，间隔12厘米；木柱底部埋入地下20厘米，将“蚕台”支撑在木支架上，即可喂蚕，每架蚕台8层，喂一张种。

③使用方法：喂蚕，给桑时，把蚕台移到最低层，从上到下，顺序给桑，喂好一层向上隔层放好。

除沙：用塑料包扎带或尼龙绳织成与蚕台一样大小的蚕网，除沙时，把下层蚕座上的蚕网分别挂在上层蚕座的4根竹杆的竹头上，提起上层蚕台把下层蚕台的蚕沙倒掉，然后再放下蚕网，即可从上到下顺次进行。

上山：将双连座方格簇用粗绳固定在垫有麦草的蚕台上，即可拾蚕上山，有条件的可以采取自动上山。

蚕台育具有制作简单，一次性投资低的优点。

养一张蚕种一次性投资，蚕台需61.4元，而传统的蚕匾则需147.7元，简易蚕台比蚕匾节省投资58%，如果改用芦帘作蚕台则投资还要降低。

蚕台育的蚕茧产量不仅没有降低，而且产值有明显增长，见表17-6。

表17-6 蚕台与蚕匾养蚕产量产值比较

蚕期	蚕台育				蚕期	蚕匾育			
	张数(张)	单产(公斤茧)	总产(公斤茧)	张产值(元)		张数(张)	单产(公斤茧)	总产(公斤茧)	张产值(元)
春蚕	76.5	38.5	1015.35	173	春蚕	46	38	1739.1	176
秋蚕	31	20.5	631.5	71.5	秋蚕	58	20.5	1189.25	66
晚秋蚕	41	30	1230.5	129	晚秋蚕	76	28.25	2147.55	114
合计(平均)	93.5	(29.62)	2877.1	(122)	合计(平均)	180	(28.20)	5075.9	(114.5)

(2)壮蚕饲育技术　大蚕的单位体重的表面积相对比小蚕小，皮肤蜡质含量较多，气

门面积也相对较小，体内的水分不易发散，体温容易升高。在高温多湿和闷热的情况下，正常的生理活动会受到影响，容易诱发蚕病，所以大蚕宜在适温范围内偏低些为宜。但必须指出因龄期不同而不同，4龄蚕饲育在20°C以下的低温条件下会延长经过，发育不齐，损害健康，使茧重减轻。而在5龄期则相反，对低温的抵抗力强，短时间的20°C以下低温影响不大。

①温湿度。大蚕期一般饲养温湿度应保持2.2～24°C。干湿差4～5° F。春期自然温度在4龄期低于21°C时要加温。壮蚕期呼吸量比稚蚕期大，对二氧化碳的抵抗力较弱，且食桑、排粪多，空气污蚀时，要注意通风换气。

②良桑饱食。壮蚕期采叶，先采三眼叶，后采新梢、芽叶。由于采叶量多，要松装快运，防止桑叶萎凋，要正确估采桑量，贮桑时间以不超过一天为好。壮蚕期必须使蚕饱食，用芽叶饲蚕，每天给桑4～5次，片叶给桑每天5～6次。条桑育桑叶不容易萎凋，每天给桑3回。现行多丝量蚕品种，每张种用桑量为650～700公斤。

③扩座除沙。壮蚕生长迅速，为使蚕饱食，壮蚕期应及时扩大蚕座面积，盛食期4龄达到33.3～40平方米，5龄达到80～120平方米，为保持蚕座清洁干燥，要经常除沙。4龄要起除和眠除外，还要中除二次，5龄每天除沙一次。

④眠期处理。4龄就眠俗称大眠，其特点是从见眠到眠齐的时间长，眠起容易不齐，所以加眠网要适当偏迟，一般掌握见有个别眠蚕时加网。眠起不齐时，可提青分别处理。做到饱食就眠，大眠眠中时间较长，春期在正常气温下，约需40小时左右，眠中要防止高温。5龄饷食时需掌握叶质新鲜、叶量适当。

5.上　簇

五龄蚕食桑8天左右后，食桑减少，胸部透明，蚕体发软，排泄软粪，头胸部向上摆动，这时的蚕称为熟蚕，上簇要坚持适熟快上，生熟分开。

（1）选用优良簇具，提高蚕茧品质　同批蚕以不同的簇具上簇，上茧率和解舒率就表现出明显的差别，黄淮海地区几年来推广应用方格簇。上茧率达95%以上，解舒好，茧衣少，茧色白，无柴印、黄斑、双宫等次下茧。

采用9×12孔（每片108孔）方格簇，每张种需准备簇具230～250片，3年8个攻关试验村共使用83.75万片，上茧率从1982年的70～80%上升到96.4%，茧质明显提高。

（2）方格簇的上簇方法　用芦帘、竹竿搭成平台上簇，搭一层或数层，也可用塑料编织布蚕台，铺上簇纸。再用二只簇片并联横放（即所谓双联方格簇），放在平台上，片与片之间相隔10～15厘米，然后用小竹竿或细绳串连缚牢，上簇时投放的熟蚕数量相当于方格簇的孔数。一般每片双联座方格簇片放熟蚕180～200头左右，经10～20分钟，熟蚕陆续爬上簇片，进孔吐丝结茧。采用自动上簇时，蚕儿15～20%见熟时，在蚕座上薄薄的喂上一层桑叶，然后将方格簇放在蚕座面上，同样用竹竿或绳子加以固定。让蚕儿自动爬上簇片的孔里吐丝结茧。自动上簇必须在见熟前一天进行除沙，促使蚕沙很薄，防止簇中湿度过重。其次，上簇的蚕座面积要稀放，每平方尺不超过120头左右。

（3）簇中保护

①簇室注意通风排湿，茧壳形成后，及时开门开窗进行通风排湿，低温多湿之下，应采取加温排湿。

②上簇24小时后，及时拾清游山蚕，将未入孔的蚕提出另行安排上簇，不能结茧的

毙死蚕及时清除，以保持簇中清洁干燥。

③适时采茧，严格掌握在化蛹后采茧，防止早采茧，一般春期在第6～7天，夏秋期在5～6天，晚秋蚕7～8天采茧为好。采茧应做到分类选茧，可分上茧、双宫茧、下茧等几种，分类售茧便于贯彻优茧优价，劣茧低价。售茧时应做到用箩筐装运，切勿采用塑料编织布袋、尼龙袋、麻袋等装运，保证蚕茧的优良性状，运输途中，要防止日晒雨淋，做到不售毛脚茧、不售潮茧。

第十八章　黄淮海平原农村能源的开发和利用

黄淮海地区的农村能源，与该地区工农业经济的发展，农民生活水平的提高戚戚相关。农村能源的开发与利用也是黄淮海平原旱涝盐碱综合治理的战略重点之一。所谓农村能源，是指可以在当地就近开发利用的能源资源，包括薪柴、作物秸秆、人畜粪便、小水电、社队煤矿、以及太阳能、风能、地热等自然能源。除了煤炭外，这些能源在自然界可以不断再生并有规律地得到补充，叫作可再生能源。鉴于黄淮海平原的旱涝盐碱综合治理在很大程度上有赖于该区农村能源的解决，有必要对该区的农村能源的全面了解，并利用一切可以利用的科学技术，包括传统的和近代的、国内的和国外的可行技术，结合该地区的实际情况，寻求各种较为切实经济有效的解决途径。

第一节　农村能源的现状和问题

一、农村能源资源概况

农村能源资源，主要包括生物质能（薪柴、草类、水生植物等，是绿色植物经光合作用生成的生物质，可作燃料），水力能，矿物质能（煤、矸石等），太阳能，风能，地热能等。现将各项资源统计如下（见表18-1）：

根据1979年资料，以标准煤计为7030万吨，人均占有农村能源资源约为300公斤，低于全国农村人均650公斤的水平。

1.秸　　秆

全区粮食总产552.97亿公斤，皮棉3169.7万担，油料总产2390.5万担，折合秸秆总量为7364.6万吨。当然，秸秆产量，与当年农作物品种、作物的种植结构、当年的气候因素有关，表18-1列出的仅是匡算数字。

自古以来，人们一直以秸秆作为燃料。秸秆是一种低档能源，热值每公斤3400千卡。同时，秸秆又是饲料、肥料和轻工业原料，还是农家的建筑材料。近年来，农村推广沼气，秸秆又是生产沼气的重要原料。

2.薪　　柴

全区1979年薪柴总量1159.4万吨，按照现行森林种类的划分，可以提供薪柴的不仅是薪炭林、还有用材林、防护林、灌木林、“四旁”（村庄、道路、田地、河渠附近）散生树木，均可通过抚育间伐、更新改造、主伐利用以及修枝等，获取一定数量的薪柴。表18-2是黄淮海地区各林种的单位面积。

薪柴在黄淮海地区极贫乏，只占总资源的9.42%，由于对薪柴的过度采樵，破坏了它自身的再生性。木材是工农业的建筑材料，该地区的“五小”工业、煤矿的矿井、农家建房都需要大量木材，在该地区木材严重短缺，一些树木尚未成材，就被砍伐，更加破

表18-1　黄淮海地区农村能源资源统计表（1979）

（单位：总量：万吨标准煤　人均：公斤标准煤）

省别	计在本区内县数	人口(万人)	作物秸秆		人畜粪便		薪柴		小煤窑量		小水电量		合计		地下热水热流量(千卡/秒)
			总量	人均	总量	人均	总量	人均	总量	人均	总量	人均	总量	人均	
全国统计		80738.7	18355.24	227.34	12942.85	160.31	6679.13	82.73	7169.94	88.80	7505.71	92.96	52652.87	652.14	1663747.74
全区合计	447	23544.61	3577.1	151.93	1977.08	83.97	662.54	28.14	697.26	29.61	116.76	4.96	7030.74	298.61	175989.66
河北	114	3605.75	559	155.03	250.01	69.34	152.0	42.15	66.33	18.40	15.49	4.30	1042.83	289.21	65703.46
山东	106	6547.32	859.45	131.27	482.91	73.76	194.06	29.64	416.86	63.67	23.35	3.57	1976.63	301.90	11326.91
河南	85	4962	755.97	152.35	363.12	73.18	237.15	47.79	92.01	18.54	31.72	6.39	1479.97	298.26	218.37
安徽	64	3545.72	452.25	127.55	281.67	79.44	54.67	15.42	25.67	7.24	26.40	7.45	840.66	237.09	2387.96
江苏	64	4264.47	783.09	183.63	521.18	122.21	5.03	1.18			10.33	2.42	1319.63	309.45	6419.81
北京	9	374.6	111.02	296.37	56	149.49	10.11	26.99	96.39	257.31	9.47	25.28	282.99	755.44	7759.98
天津	5	244.75	56.32	230.11	22.19	90.66	9.52	38.90					88.03	359.67	82173.17

注：1.公社人口数引自1979年农业部统计资料。

2.秸秆热值取3400千卡／公斤，粪便干物质热值取4250千卡／公斤，薪柴热值取4000千卡／公斤，原煤热值取5000千卡／公斤，标准煤7000千卡／公斤。

3.小水电按年平均发电2500小时，每度电耗标准煤421克计。

表18-2 黄淮海地区林木面积

省地名称	统计县市数	林地（万亩）	林网化（万亩）	林粮间作（万亩）	"四旁"树木（亿株）
河北平原	45	459.7	3119	128	14.09
河南省	69	1121	1500	1300	120.0
徐淮地区		140.3	1214	20.0	3.78
山东省	106	2114	3788	670.0	24.0

注：1.林网化和林粮间作面积指林和田的面积总和，并非纯林面积。

2.徐淮地区根据1975年调查资料，其他为1982年资料。

3.山东省为全省的统计数字，河南省不同资料数据差别很大，本文采用中等水平的数据。

坏了树木的生长量。

3.人畜粪便

粪便的数量与人口多寡、牲畜种类、饲养方式、数量均有密切的关系。1979年全区农村的粪便干物重约3256.4万吨。粪便是优质有机肥料，也是沼气池生产沼气的主要原料。该区农村习惯于将粪便堆腐或沤腐后施于农田。华北部分农村仍沿用晒粪干的老习惯，至使氮素大量挥发损失，河南部分农村甚至有"连茅圈"，厕所和猪圈连在一起，猪吃人的粪便，不仅造成养分的浪费，而且寄生虫蔓延，"粒猪"屡见不鲜，人吃了这种"粒猪"的肉，寄生虫又传染给人，造成恶性循环。还有不少地区，把牛马粪晒干后作燃料，耗去大量的粪便，估计在今后若干年内这样习惯还会继续。

4.煤 矿

黄淮海地区盛产煤炭，几个著名的产煤区，如江苏徐州煤矿、安徽淮北煤矿、山东枣庄煤矿、河北峰峰、井径煤矿等，均在该区之内，但属国家统一管辖，统配煤全部外调，但矿区的农民还是受益很多，以煤泥为燃料，既节省了开支，又节约了秸秆等燃料。特别是在煤矿区，开办了不少乡镇小煤窑，解决了农村劳力过剩的问题，增加了经济收入，同时，补充了农村部分能源。1980年，全国有800多个县建有乡镇煤矿16000多处，年产原煤量1.1亿吨，占全国原煤产量的16%。乡镇煤矿在1980年供应农村4269万吨原煤，用于生活的占2170万吨。黄淮海地区乡镇煤矿1979年原煤产量976.16万吨，占全国乡镇煤矿总产量的9.72%，解决了部分乡镇工业、地方工业和城乡生活用煤，减轻了国家统配煤的负担。

全区的乡镇煤矿地区间极不平衡，山东省产量最高，居全区之首，1979年产原煤583.6万吨，占全区产量的59.79%，江苏和天津市最少。按人均量计算，北京最多，每人平均360公斤。

5.小水电

1980年底，全国已建成小水电站88500万座，装机容量693万千瓦，发电量127亿度，占全国农业用电量的34%（不包括县办工业用电）。黄淮海地区小水电资源较少。全区有小水电资源的县只有175个，可装机容量102万千瓦，已装机容量仅24.1万千瓦。

6.地热能

地球的地热资源相当于4948万亿吨标准煤，是一项巨大的能源潜力。

表18-3 黄淮海地区部分地热点农业利用情况

编号	地 点	水 温	利 用 情 况	投 资	备 注
1	北京昌平县水产养殖场（西场）	25～42°C	室外有三个塑料大棚，面积3亩，养殖罗非鱼种和四大家鱼。另有2.5亩工厂化养鱼。室内高密度温流水养鱼面积2300平方米，一立方水体养成鱼800尾，产1000多斤，1980年完成养成鱼20万斤（计划15.5万斤）。	土塘500元/亩	有五口热水井
2	天津宝坻县目沽农场	79°C	地热养鸡舍3000平方米，试制了两台地热孵化器。100亩塑料大棚地热温室。计划每年提供成鸡60万只，蛋1200斤，淡季产细菜100万斤，鱼苗100万尾，鲜鱼20万斤。	500万元	热水井2500米深
3	怀莱县92公里地热农试站	70～81.5°C	全玻璃地热温室，11栋连跨计3060平方米。一面坡地热温室五栋800平方米，还有全玻璃地热室7栋连跨333.5平方米，主要育种谷子、小麦及白粉虱试验，栽培西红柿等蔬菜。		有两口热水井
4	任丘油田		建两栋地热室生产蔬菜。		
5	束鹿县位伯公社	80°C	利用石油部打出的热水孔，建温室种菜。建有蘑菇楼，面积2300平方米，可整年生产。并建有养鱼池。		
6	平山县	73°C	1979年建立了一栋地热温室，塑料大棚三栋总面积3.5亩，进行玉米加代繁育，生产黄瓜、茄子、韭菜等。		
7	永清县龙虎庄浅牛6热水孔	75°C	1981年建地热蘑菇室培育洋蘑供出口用。1982年3月已生产1000多斤。同年建了三栋塑料大棚种植黄瓜、西红柿。		
8	固安县独流公社	80°C	利用石油部打的热水井建有室外养鱼池，室外是土塘。		
9	文登县呼雷汤	68°C	建地热养鱼池，养殖亲鱼。对虾越冬试验已获成功。		
10	牟平县龙泉汤	51～56°C	地热温室进行作物育种和作物越冬试验，种植韭菜、西红柿、青椒，准备种花，培育蘑菇，面积1千多平方米(半园形塑料大棚)，养鱼。	30万元	
11	陕县温塘村	57～58°C	1979年建一面坡地热温室102平方米进行玉米加代繁育，还种植西红柿、黄瓜、青椒。1980年生产队建有3栋面积3亩的塑料大棚，主要生产西红柿、黄瓜。	塑料大棚8000多元	
12	鲁山县	62°C	建养鱼土塘100平方米，为沼气池加温。		

华北平原是我国地热资源较丰富的平原之一。黄淮海地区已发现的地热点522处，尤以河北省（253处）和京(20处)津（192处)地区为多。全区地下热水热流量为175989.66千卡／秒。按照水温分级，本区地热多在80°C以下，80°C以上的地热点较少。表18-3列出部分地热点的农业利用情况。

7.太阳能

我国地理位置处于利用太阳能的有利区域，全年日照时间大于2000小时，太阳年辐射总量超过每平方厘米140千卡的地区，约占全国总面积的三分之二。黄淮海地区太阳能的自然资源在全国处于中等水平。太阳能年辐射总量在每平方厘米120～140大卡之间，日照时数大约在2200～2800之间。

该区农民历来有用天然太阳晒干谷物和农产品的习惯。从能源的观点考虑，利用太阳能进行谷物和农产品干燥是一项先进的技术。我国近年来每年生产的3种主要谷物7000多亿斤，绝大多数是用太阳能晒干的，太阳能给予我们相当于640～690万吨柴油的干燥能源燃料。而且，太阳能是一种取之不尽，用之不竭又无污染的可再生能源，在能源短缺的现在，充分利用太阳能更有其重大的意义。但传统的谷物和农产品干燥，均是在晒场上进行的，存在不少缺点。按粮食部门统计，广大农村每100亩农田需要晒场1～2亩，在谷物等的摊晒、收集、翻动和扬场过程中耗用不少劳动力，晒场作业是相当劳累的。而且，天然晒场受气候影响特别大，若遇阴雨天，往往造成谷物霉变、发芽、变质损坏，造成损失。晒场谷物含杂率高，易混有砂、小石、泥块、草籽等杂物，因此，目前的农村天然晒场必须改革。我国对太阳能的利用研究起步较晚，尚处于试验阶段。但可以预料，随着科学的发展，太阳能将是农村有价值的补充能源。

8.风能

该区全年风速每秒3～20米，累计为2000～4000小时，每秒6～10米，累计为360～750小时之间，大部分县风能密度在每平方米50～100瓦，略低于可利用的条件。沿海条件比较好，风能密度在每平方米100瓦以上，最佳风能区的能量强度可达每平方米200瓦。

我国沿海人民利用风能的历史悠久，如兴化县和淮北地区自古就利用风力提水、灌溉、行船行车、加工农副产品等，后被电力、石油所取代，近年来，又开始重新被人注意。据调查，国内已先后研制了40多种风力机。用于发电的约占总数的65%，用于提水的约35%。风轮直径在6米以下的约占55%，6～10米的占33%。

二、农村能源存在的问题

1.黄淮海地区农村能源短缺严重

据调查，农村一个5口之家一般每户每天燃料需要秸秆量至少8公斤，若以秸秆每公斤含能量3400卡计，每天消耗27200千卡，相当于3.89公斤标准煤，每年每户约需2900公斤秸秆。全国一亿七千多万户八亿多农民每年若需生物有机燃料5亿吨以上，但全国一年所生产的秸秆估计只有4亿吨。黄淮海每年需13655万吨，秸秆总量只有7364.6万吨，一部分还得作饲料、建房材料和工业原料。因此，缺柴烧成为一个突出问题。全国农村若有一亿多户五亿多人口每年有3个月以上缺柴烧，有的地区甚至达6个月。严重缺柴的农户占47.70%。而黄淮海地区严重缺柴的农户占28.8～71.10%，平均54.06%。江苏和山东稍好些，严重缺柴的农户分别占28.8%和34.20%，河北占71.1%，河南为68.0%，

天津市为61.30%，即使是小煤窑比较多的北京市郊县严重缺柴户也达56.0%。商品能源的供应远远不能满足农村日益增长的能源需求。

1981年全国产煤6亿多吨，但供应给农村的只有4660万吨，加上乡镇煤矿自产自用的4910万吨，也只有9570万吨。15年来，农村得到的煤炭由15.6%下降到14.4%。近年来，由于农民生活水平的提高，建新房面积增加速度迅速。据测算，每建一平方米农房的砖瓦约需31.5公斤标准煤，农民建新房的面积每年一般都在4～5亿平方米以上，约需要煤炭近2000万吨。与此同时，乡镇企业的兴办有增无减。1979年乡镇企业总产约370多亿元，能源消耗约3300多万吨标准煤，万元产值能耗为8.9吨标准煤，1981年总产值达560多亿元，其总能耗大约增加15%。乡镇企业产值在今后10年，预计将年平均增长10%以上的速度发展。如果扣除烧砖盖房和乡镇企业消耗的能源，每年真正提供给农民生活的用煤也就是3000多万吨。可见，农村在生活和生产两个方面对能源的需求量都是很可观的。国家提供给农村的油和电量也严重不足，根据1979年资料，农村供应农用柴油812万吨，不足需求量的60%，农村用电592亿度，缺少三分之一左右。

2.农村能源浪费惊人

农村能源一方面极度匮乏，一方面却得不到有效的利用。几千年来，该区农民沿用旧式炉灶，由于结构上存在着大灶口、大炉膛、无炉篦、无烟囱、无拦火圈，致使吊火过高、火力分散，冷空气直吹炉膛，膛温长时间升不起来，空气流通不畅，烟雾反从灶门冒出，一方面带走了大量的可燃气体，另一方面薪柴燃烧不完全，因此，燃料浪费很大，热效率很低，其热换效率只有10～15%。以烧秸秆为主的淮北为例，5口之家每天有效热值至多不过3100大卡。如按目前已试行有效的省柴炉灶的热换效率20～30%计，显然有一半的生物质燃料是浪费掉的。这项虚耗按全国1.7亿户计，达2～2.5亿吨；黄淮海地区1.43亿农业人口按2860万户计，达6800万吨。

另一项损失是养分流失。如众所知，秸秆薪柴经燃烧后，磷钾残留于灰渣中，而有机质和氮素随着缕缕青烟逸入大气，若全国每年以烧掉秸秆2.5亿吨计（烧掉全部秸秆量的60%），秸秆平均含氮（N）量按1%计，那么，因烧柴而损失的氮达250万吨，等于543.5万吨尿素的含氮量，相当于目前氮素化肥年总产量（1000万吨氮）的四分之一，折合人民币32.6亿元。

三、农村能源匮乏导致生态的恶性循环

由于大量的秸秆被烧掉，至使饲料缺乏，畜牧业发展受到很大限制，有机肥料不足。据统计资料，1980年全区大牲畜为1064.2万头，生猪4225.3万头，羊2625.6万头。每人占有的牲畜头数若按羊单位计算，人均只有一个羊单位，低于全国平均水平（1.30羊单位），仅高于长江中下游区，全国倒数第二。

1.造成水土流失

由于缺少烧柴，不少地方林木被砍光，草根被铲净，造林不见林。植被的破坏，造成水土严重流失。太行山区主要河流水文统计，年平均输沙量6～7千万吨（包括山西流入境内的），就是说，解放三十几年来，太行山区流入的泥沙量累计已达20亿吨，其中含氮、磷、钾养分（折成标肥）2000万吨，大约等于河北全省1976～1981年化肥的总施用量，相当于整个山区有4.2厘米的表土层被冲掉了。不少地方岩石裸露，寸草不生，滴

水不存。根据中国科学院环委会京津渤项目组调查资料，京津地区1907.8万亩耕地每年因地面径流和水土流失而损失的氮达1.6～2.4万吨，相当于氮肥施用总量的10～15%。

2.土壤肥力低

秸秆当柴烧，不能还田，畜牧业不发达，有机肥严重不足，年复一年，影响土壤肥力的保持和提高。黄淮海地区的土壤有机质大部分不到1%，全氮不到0.1%，速效磷（P_2O_5）大部分在10ppm以下。

土壤肥力低反馈到农业生产，能量利用效率低和产量水平低下。农业生产通过植物转化太阳辐射能，并通过人、畜、土壤等运转组合，其实质是物质、能量的转化和循环过程。由表18-4可看出，在全国七个农业分区中，黄淮海区每年产50公斤粮、油、蛋所消耗的商业能最高（4.98），但食物能与投入商业能之比，即效率最低（4.52），长江流域商品粮区每年产50公斤粮、油、蛋消耗的商品能为3.62，珠江、韩江流域为2.65，而效率却分别为5.19和23.97，特别是珠江、韩江流域商业能的效率远远高于黄淮海区。总投入能及效率，黄淮海区也低于长江流域和珠江、韩江流域。

表18-4　黄淮海与其他主要农业生态系统的能量投放、产出（万大卡）及效率的比较

地　区	平均每亩农地总能量投入、产出及效率				每亩商业能的投入、产出及效率			
	农产品能/总投入能	效率	食物能/总投入能	效率	食物能/投入商业能	效率	商业能折石油（公斤）	每年产50公斤粮、油、蛋、消耗商业能折石油
东北区	104.18/38.39	2.68	73.39/38.39	1.91	73.39/8.94	8.21	9.33	2.41
黄淮海区	178.87/63.08	2.84	94.26/63.08	1.49	94.26/20.84	4.52	21.72	4.98
黄土高原区	88.45/42.48	2.08	43.56/42.48	1.03	43.56/8.75	4.97	9.31	3.86
长江流域商品粮区	305.81/104.74	2.92	166.52/104.74	1.59	166.52/32.07	5.19	33.47	3.62

综上所述，黄淮海地区农村燃料的匮乏与该区农业生态循环有着直接的关系。

第二节　农村能源消费结构

一、农村燃料结构的演变

我国早期农业曾以林木为农村燃料，利用秸秆做饲料，形成以牛为主的家畜和农田物质循环，产量比较稳定。随着人口增长，森林破坏恢复慢，燃料结构发生了变化，由依赖林木，变成更多地依赖秸秆，使畜牧业的比重变小，畜牧业内部牛减少，马、猪增多。土地输入与输出平衡受到破坏，土壤肥力下降，农业产量逐渐变为不高不稳。生活能源结沟的变化又导致破坏地力，农重牧轻的农业生态特点。

黄淮海地区与全国的情况一样，燃料结构早期也是以林木为薪柴，随着植被的演

变，逐渐过渡到以秸秆为主。在上古时代，辽阔的黄淮海平原几乎到处都覆盖着茂密的森林。据考古学家对山东省临朐县山旺村发掘的化石推论，一千万年前，山旺村这个地方就是一个山青水秀之乡，湖中滋生着大量的水生植物，湖岸及山坡上覆盖着森林。大约距今六、七千年以前，人类活动比较频繁的黄河流域，由于农田的扩展，用材量的增加，开始大面积砍伐森林。即使如此，除个别地方外，还有很多地方都有葱郁的森林分布。自春秋战国以来，各地农耕面积进一步扩大，森林面积进一步缩小，人口的增加需要各种用材和大量薪炭及经济树木，逐渐改变了森林的成分和结沟。森林植被已为大面积的农业植被所代替。燃料也由树木逐渐变为秸秆。

二、农村能源消费结构

1.我国农村能源消费结构

农村能源的消费与城市用能不同，它有两个显著特征：一是生活用能占的比例大。如果以1979年农村用能的总消费量为100%，生活用能约占80%，生产用能（包括农、林、牧、副、渔各业的生产用能）只占20%。根据文献提供的资料，印度农村一年约消耗11.42×10^{14}千卡的能源，其中生活用能7.79×10^{14}千卡，占68%；农业生产消耗2.87×10^{14}千卡，占25%；副业生产用能0.76×10^{14}千卡，占7%。与我国情况大体相似。二是非商品能源（生物质能）的比重大。从全年农村消耗的作物秸秆、薪柴、粪便等各种生物质能源在全国农村用能中的比重来说，中国为68%，印度为66%；从生活用能来说，生物质能占的比重更大，中国为86%，印度为92%。此外，农村生活还具有下列特点：（1）能源种类较多，构成比较复杂。目前农村炊事用能既有以作物秸秆、木材、干草、粪便为燃料的，也有使用煤炭、甚至电力的。在照明用能方面，电力、煤油比较普遍，同时又消耗一定数量的植物油料。能源种类不同，使用效果不同，能源的需求量也不同。（2）基本生活能耗比重大。基本生活能耗系指农民为维持最低生活标准所消耗的能源，包括炊事、饲养、照明、取暖等用能，这部分用能在中国农村约占96%以上。除此以外的部分称为文明生活能耗，如农村文化教育用能，家用电气设备用能等，仅占4%。（3）基本生活用能效率很低。

在农业生产用能方面，除具有明显的间断性的季节性之外，一个重要的特点是，能源的消费量与政府的农村经济政策和自然因素有比较密切的关系。因此，能源的消费量与农产品产量或产值之间存在着极其复杂的关系。在一些部门，例如工副业生产，其产值或产量与能源消费量之间关系密切，具有大体相似的变化趋势；在另外一些部门，例如粮食生产，其产值产量与能源消耗量之间几无规律可循。

1979年我国农业中消耗原始能量2.1×10^{15}千卡，约折3亿吨标准煤，占全国总能量的31.2%。而在美国仅占全国总耗量的3%，英国农业中能量原始消耗占全国的3.9%（见表18-5）。

生活燃料占农村原始耗能量的74.8%，居首位，这是因为我国有8亿农村人口，要吃饭就需要燃料，这是不足为奇的。而饲料用能居第三位，说明我国农业动力仍以畜力为主，再则养猪、养鸡等仍属农村中私养的牧、副业。据统计，我国1979年大牲畜年终存栏量为9159.1万头，猪31970.5万头，羊18314.2万头；1982年全国大牲畜10113.0万头，猪30678.0万头，羊18179.0万头。如果我国农村役畜以5×10^{7}头计算，牛、马等役畜平

表18-5 中、英、美农业中能源利用情况对比

项 目	中国（1978）	英国（1983）	美国（1976）
燃料（秸秆和薪柴等）	53.7	1.1	—
饲 料	13.4	（包括在饲料加工内）	—
饲料加工	（包括在用电内）	14.2	8（包括饲养）
田间作业用油	2.7	23.6	19
用 电	7.4	9.2	13（仅排灌用）
化 肥	8.2	23.1	36（包括农药）
农 药	0.6	2.4	16
运 输	0.5	4.5	—
农村建筑	9.4	6.3	—
农机维修	2.9	1.2	—
干 燥	—	—	5
其他农用	1.2	14.4	3
汽 车	100	100	100

注：美国只有农业生产耗能，其他未列入

均每头以0.7马力计算，则相当于3.5×10^7马力。这种农业机械动力和人、畜力的结合在当前是合理的。这表明我国农业不但是低能量的，而且农民只求衣暖食饱，尚处于小农经济的范畴。这种结合估计在一个较长的时间内不会改变。其原因是：（1）我国现有农机动力远不能达到农业机械化的要求，加之能源短缺、农机内部结构不合理，部分农机产品质量低劣、完好率低、经营管理不善等原因，没有发挥应有的作用，据估计农机动力仅完成我国农业作业量的三分之一弱，其余三分之二仍是人、畜力完成的。（2）由于我国地形复杂，有很多山区和丘陵地带地势起伏，不易实现机械化。在这些地区目前只能靠人、畜力来耕作。要改造这些地区的生产条件需要很大的投资，需要较长一段时间。目前需要充分发挥人、畜的潜力。（3）役畜使用基本上无公害，并可提供肉食等畜产品和有机肥料。

近年来，由于化肥和农药施用量提高，耗能量也随之增加，氮肥、磷肥和农药耗能量占农业总用能量的10.4%，位居第二。

根据美国农业部统计，家庭耗能占三分之一，英国1973年在农村用电中约有41%为家庭生活用电，均远低于中国。但化肥、农药、运输、农用汽车等项耗能量，中国远低于英国和美国。

2.黄淮海地区农村能源的消费结构

黄淮海地区全区范围较大，类型不一，而且缺乏系统的统计资料。现按中国农业工程研究设计院的资料，例举安徽宿县、山东禹城县和河北省定县，代表不同类型区说明。

由三个类型县的资料可看出，农村生活用能占总能耗的63.16～85.47%，居第一位，农村生产用能占总能耗的14.53～36.84%，居第二位。在生活用能中，主要依靠作物秸秆和薪柴，河北定县占总能耗的42.56%，安徽宿县占84.39%，山东禹城县占85.72%。

在生产用能中，直接用于生产的能耗并不多，只占总能耗的百分之九至百分之十几，而主要用于乡镇企业，如河北省定县乡镇企业用煤占总能耗的11.89%（生产用能占总能耗的27.19%），山东禹城县乡镇企业耗能占总耗能的29.63%（生产用能占36.84%）。正因为投入农业生产的能耗低，产量水平不高，这是很自然的事。

第三节 解决农村能源短缺的途径

农村能源的解决直接关系着农业现代化的发展速度，要解决农村能源，首先需要解决农村生活燃料问题。其出路何在呢？

一是我国三十多年来走过的老路，伐木作柴、掘草为薪、燃秸取火。根据上文的分析，这条老路是断然不能再走下去了。

二是依靠国家供应商品能源，来填补农村生活燃料的缺口。这是不少人特别是从事农业的同志经常提出的途径。其中心是用煤炭替换出秸秆还田。让我们分析一下它的可行性。近几年来，国家每年分配给农村的生活用煤占全国煤炭总消费量的5～7%左右，仅占目前农村生活用能总量的三分之一。据粗略估计，要初步解决农村全部熟食和取暖问题，每年要向农村增售商品煤炭7000万吨，是目前供应量的两倍。这样仅农村生活用煤一项就要占全国煤炭消费量的六分之一。按1980年的数据计算，一吨煤炭所提供的工业产值为810元，一吨煤炭创造的国民收入为600元，这就相当于每年要减少567亿元的工业产值，减少420亿元的国民收入。而420亿元大致相当于1981年的基本建设投资总额。这意味着，如果国家将7000万吨煤炭转向供应农村，就必须放弃下一年度的扩大再生产。还要看到，随着农村人口的不断增长和农民生活水平的提高，商品能源的供应量还必须要求不断追加。即使在20年内，国家常规能源生产以年平均3.4%的速度递增，也远远不能满足农村生活燃料的需求。因此，不能设想在今后几十年内，用商品能源来填补农村生活燃料的缺口。

上述分析表明，要解决农村生活能源的短缺问题，除了国家支援之外，主要是依靠农村自身的力量来解决。其战略方针是开源与节能并重，尽可能开发利用农村一切可利用的能量资源。鉴于目前农村能源浪费严重，首先要挖掘节能潜力，近期应把节能放在优先地位。由于农村能源量大而广，它们具有分散性、间歇性和可再生的特点，这就决定了任意一种单一能源的使用，都不可能充分满足农村生活用能的需求。大自然为多种能量资源的开发利用提供了条件，客观上它也与农村用能的需要相适应。我国的农村能源资源种类多样，包括作物秸秆、人畜粪便、薪炭林、小煤窑、太阳能、风能、地热能等，它们都可以直接地或间接地（通过能量的转化形式）为农村生活服务。因此，必须因地制宜、多能互补、综合利用、讲求实效。这样，既可充分挖掘现有资源的潜力，解决能量供应问题，取得较好的经济效益，又不至于过量消耗某一、二种资源，破坏它们的再生能力。从长远的观点看，建立合理的能量消费结构所产生的生态、环境效益更为重要。

一、造林种草，为农村提供丰富的薪柴资源

1.造林种草与建设高产农业的关系

在农业生态系统第一性生产（植物生产）的基础——土壤系统（被视做农业生态的

亚系统）的有机质日趋下降和理、化、生物状况持续恶化的情况下，这种农业生产的恶性循环是难以扭转的。欲终止我国农业生态环境日趋恶化并取得向良性循环的转机，造林种草则是基础。图18-1揭示了造林种草与高产农业建设的关系。应遵循这条途径，从政策上和物质上保证种树种草的建设得以顺利进行。

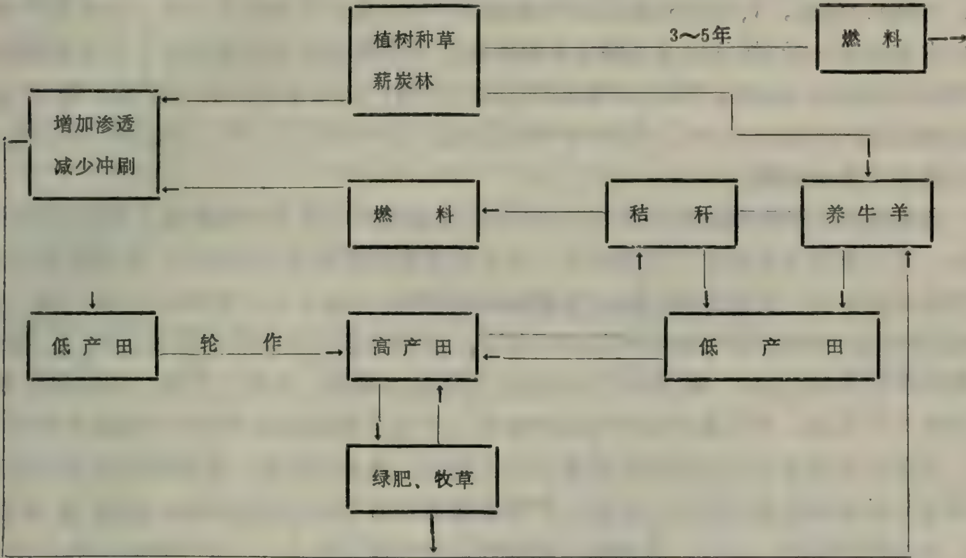


图18-1 造林种草与高产农业建设的关系

2.营造薪炭林是解决农村生活用能的重要途径

木柴是最古老的能源。即使是各种矿物能、电能、核能等发达的今天，林木作为能源仍占有不容忽视的地位。据联合国粮农组织统计，目前全世界约有15亿人以木柴为主要燃料，每年大约要烧掉12亿立方米，约占全部原木产量的47％，其中发达国家约为12.3％，发展中国家约为84.2％。木柴提供的能源，约占世界总能源的5％。

自1973年能源危机以来，木材作为能源的研究，在资本主义世界引起了普遍的重视。美国能源部1978年拨款200万美元研究合理利用木材作为能源的问题，并建立了5个400～1200公顷的能源林场。美国能源部还资助把伐区废材变成高甲烷气的研究工作。若能成功，以木材为原料生产合成气的成本应能与煤和其他矿物燃料制得的气体燃料相竞争。法国正在进行木煤气发电的研究。南非已经开始利用木材生产液体燃料，每年有500万吨木材和加工剩余物用于生产酒精，年产100万吨，相当于1978年该液体燃料用量的11％。并计划通过营造能源林，再增加产量300万吨，达到年需要量的40％。加拿大计划1990年使木材能源占能源总量的25％。南朝鲜于1957年开始实行薪炭林营造计划，已于1977年完成，共造林64万多公顷，解决了严重的农村烧柴危机。

我国有着优越的自然地理条件，是世界上植物种类最多的国家之一。薪炭林一般营造后3～5年后即可受益，多的，每年每亩可得干柴上千斤乃至几千斤，少的也有250～300公斤。一般每人占有1～2亩薪炭林，就能满足全年的烧柴需求。而培养一亩薪炭林，包括种苗和用工，只需20元左右。营造薪炭林不仅成本低、见效快、简单易行，而且由于薪炭林树种一般均有天然萌发能力，留平茬或砍后还可再生，所以，只要经营管理得法，使用合理，就能一次种植，多年收获。

目前，全国已有许多县、乡、镇通过大力造林，营造薪炭林，有效地解决了燃料不足问题。例如河南省鄢陵县，从1965年开始大搞植树造林，至1971年全县造林8.2万亩，四旁植树2900万株。该县过去多数乡镇严重缺柴，现在大部分乡镇烧柴已能自给。山东省泰安地区算了个账，该地区有120万农户，有荒山荒地670万亩，如三分之一种紫穗槐，可种4.4亿墩，4、5年后每亩收干柴2000公斤，总产干柴44亿公斤，全区农户平均每户占有3500公斤，将从根本上解决燃料问题。山东省文登县过去烧柴十分紧张，经过大力植树造林和封山育林，现有林地面积已达53万亩，四旁树木2400多万株，年产薪柴7500万公斤，人均170公斤，可供3个多月之用。加上秸秆、山草，全县23个乡已有19个基本解决了烧柴问题。

黄淮海平原总面积30余万平方公里，具有加速发展林业生产的优势。在1亿亩低产土壤上，有一部分本来就宜于发展林业，现在农业利用效益很低的地方，应该退耕还林，营造防风固沙林，盐碱地改造林、薪炭林及用材林。在2.7亿亩耕地内，沿路、沟、渠栽植成行树木，形成纵横交织成网的护田林带，在每平方公里面积上就长达5公里，按面积算约占耕地的5%左右，即1350万亩左右。本区适宜桐粮、枣粮、桑粮、条粮间作的面积约有几千万亩。占总面积10%的四旁隙地，可用于植树的地方约有一半。在黄河、淮河、海河以及其他中小河流两岸营造护岸护滩林，再加上村镇、庭院绿化。总计起来，植树造林的面积是很可观的。此外，黄淮海地区14万平方公里的山地，应普遍封山育林，大力植树造林。总之，黄淮海平原植树造林的潜力很大。二是本区光、热、水及土壤条件适于多种乔灌木生长，植树容易成活，树木长得快，产量较高。种植速生树种，管理得当，一般十年可以成材。三是劳力充足，有利于集约经营。四是群众中素有造林传统并积累有丰富的经验。只要充分发挥上述有利条件，扬长避短，巨大的林木生产潜力一定能尽快地挖掘出来。

黄淮海地区蕴藏着很大的发展草业的潜力。这里有2500万亩沙地，除了植树造林还可种植牧草。黄淮海地区有洼地碱地5000万亩，如根据情况，种草养畜，潜力也很大。该区的低洼地区，土地资源丰富，人均耕地在5亩以上，每个劳力负担5～10亩，单产很低。此外，该区还有1000万亩滨海草地，尚未充分开发利用。这些地区土质肥沃，牧草丰美，是发展畜牧业的良好基地。

综上所述，黄淮海地区具有发展林木、草业的优势条件，应积极造林种草，改善该区的农业生态环境。

3.林木树草的选择

就各林种而言，专门性的薪炭林，可全部做薪柴。防护林只有抚育伐和修枝下来的部分可做烧柴，约占总生物量的20%。用材林主干以外部分及加工废料做薪柴，约占50%。疏林的最终产物以木材为主，约50%可做薪柴。灌木林可全部做薪柴。四旁树木大都以用材为主，也可提出50%的产量做薪柴。果园和经济林，只有修剪下来的多余枝条做薪柴，数量较少，约占总生长量的10%。

在黄淮海地区，有相当一部分土地含有盐碱，因此，在盐碱地上选择树种首先要考虑耐盐碱的程度。紫穗槐、白榆抗盐能力较强，二者抗盐界限接近，这两个树种在土壤含盐量0.45%（根际土含盐量在0.35%以下）可以种植。洋槐、臭椿、国槐、白腊、杜梨、侧柏抗盐能力中等，土壤含盐量在0.3%以下（根际含盐量在0.2%左右）可以栽

植，苦楝抗盐抗碱能力接近白榆，但干梢严重，当前造林使用不多。旱柳12号和杨抗盐能力弱，土壤含盐量和根际含盐量在0.2%以下（且无碱化现象）可以栽植。在脱盐发生碱化的土壤上，紫穗槐、白榆、沙枣、侧柏抗碱能力较强，白腊、新疆杨抗碱能力中等，旱柳、小美12号杨抗碱能力较低。在重盐碱地上，例如土壤含盐量在0.68%以上的盐碱土上，可以种植枸杞、盐吸、矶松、白刺、红荆条、沙枣、柽柳、胡杨、梭梭、地肤、黑麦草、田菁等灌木和牧草。在含盐量1.5%的光板地上需改良后才能造林。

林木产量，根据中国林科院林研所平原农区林业考察组报道，目前在黄淮海平原农区林木生长水平是：杨树人工片林每亩年平均生长量在0.2～0.5立方米之间。兰考泡桐在0.3～0.5立方米之间，林网及行道树林每公里年平均生长量在4～10立方米之间，核算成每亩年平均生长量在0.3～0.7立方米之间。在兰考农桐间作，泡桐按防护面积的每亩年生长量在0.12～0.17立方米之间。

表18-6　黄淮海地区薪炭林树种的生产量

树　　种	地　　区	生长条件	年产量(公斤／亩)
紫穗槐	江苏、安徽、山东	平地	500～1000
刺　槐	河北、北京	石质山坡；平地	750～1000
白城杨	北京	平地有灌溉	900
美洲黑杨	河北	平地有灌溉	1000
马尾松	安徽	丘陵	375
杞　柳	河北、山东	灌渠两侧；平地	750
荆　条	北京、河北	石质山地	400

表18-6指出，在黄淮海地区，营造薪炭林，在一般情况下，可达500公斤／亩，好的可达1000公斤／亩，如果管理得好，水、肥条件又跟得上，估计产量还要高。

二、合理种植、施肥，提高作物产量增加秸秆

无论是现阶段直接烧用秸秆和薪柴，或将来用秸秆经热化学转换工艺取得优质燃料，秸秆和薪柴在几十年内都将是我国农村主要的生活用能资源，保证它们的产量稳定是很重要的。

黄淮海平原是我国重要的商品粮基地之一，也是重要的棉区之一。应按照“决不放松粮食生产，积极开展多种经营”的方针，扬长避短、趋利避害的原则，合理安排作物布局，适当安排大豆、谷子和高粱的种植，不仅有利于地力的恢复，而且有利于饲料和烧柴的需要。棉花是盛产秸秆的作物，一般一公斤皮棉产秸秆5～10公斤，一般每人一亩棉花所产的棉柴可基本上保证一年的烧柴。如果平均每人半亩棉花，再加上其他燃料，可基本解决全年烧柴的问题。

增加施肥量和合理施肥不仅是改变目前黄淮海平原作物单产不高的重要措施，而且也是增加作物秸秆产量的重要途径。根据试验，施用1000公斤／亩有机肥（含有机质25～30%，全氮0.4～0.6%），一季玉米总有机质比对照净增127公斤，施用2000公斤／亩有机肥可净增有机质194公斤；施用10公斤／亩尿素净增有机质45公斤，20公斤／亩

尿素净增有机质114公斤；有机肥与氮肥配合施用，可净增有机质177～329公斤。黄淮海地区38个点的试验结果，有机肥与氮素化肥配合施用，不仅产量最高，经济收益最高，而且秸秆量也最高。

当前，黄淮海地区有机肥缺乏的情况下，应提高化肥的施用量，以无机换有机，以无机促有机，这对解决农村烧柴问题不是没有好处的。

三、推广节柴灶，发展沼气

1.推广节柴灶

先进炉灶的节能潜力很大，普遍推广后可取得在近期缓解农村生活用能紧张的效果。减少能量消费量较之增加能源供应，要来得更迅速更经济些。

节柴灶热效率多在20～30%，省柴三分之一左右，技术简易而收效甚快，1990年以前，国家若能补助适当的费用全面推广节柴灶，则能节省出大量秸秆，并能基本控制秸秆和薪柴的过量消费。例如河南郸城县郭大楼村自1981年底全村家家使用节柴灶，并有专人负责维修，由年缺柴数万公斤变为余柴40多万公斤，增加了饲料，1982年比1980年多喂大牲畜19头。而且，有机肥量大大增加，1982年春每亩施农家肥4.2方，是1980年的160%。加上该村大力植树，已开始显示出改善生活用能，节省生物质能资源，使农业生态转向良性循环等综合效益。

2.积极稳健地发展农村沼气

沼气是有机质（主要是粪便、秸秆、草类或其他水生植物、藻类等）在一定的水、热和厌气的条件下，经多种微生物作用转化而成的产物，它的主要成分是甲烷(CH_4)。沼气比省柴灶具有多方面的效益。农村发展沼气是合理利用农业本身提供的生物质能、提高燃料的热利用率、解决农村生活燃料问题、解决“四料”（燃料、饲料、肥料、工业原料）争料矛盾、实现秸秆还田、增加土壤有机质含量、保护林牧场资源、促进农业增产、保持自然界生态平衡的有效途径。

(1)农村办沼气可基本解决肥料、燃料和饲料的矛盾，增加秸秆还田量。办沼气有开源与节能两重意义。过去，人畜粪便仅仅作为肥料，所含热值在露天堆积腐熟过程中散失了大部分。采用厕所、猪圈、沼气池三结合的形式后，人畜粪便全部入池，每公斤粪便中的干物质可生产沼气0.3立方米，可满足一人一天三顿饭的燃料，可节约2公斤燃料。秸秆投池，每公斤秸秆可产沼气0.3～0.4立方米。燃料沼气热效率可达50～60%，1公斤秸秆投入沼气池等于节省直接燃烧的秸秆约2公斤。因此，沼气办得好的生产队，每户每年节省秸秆1500公斤以上，出现了大量增加有机肥施用量，秸秆还田的大好形势，还增加了牲畜饲料。例如，北京通县苏庄大队，沼气化前的1977年，全年主要作物秸秆总量41.5万公斤，其中80%农户作燃料，5%作集体燃料，5%用作粗饲料，只有10%左右用于积肥。也就是说，85%的秸秆用作燃料，直接烧掉了。沼气化后的1979年，秸秆总量44万公斤，比1977年增加6%，秸秆总量的20%农户直接作燃料，3%留作集体用燃料，2%卖给造纸厂，10%为饲料（发展了养牛），10%为沼气原料，剩60%为积肥材料。这样，直接和间接作肥料的秸秆占总量的75%。

过去，北方习惯于积肥垫土，多年来盲目追求数量，不求肥料质量。由于加土太多，土粪的有机质含量一般在2%以下，全氮仅0.1%，速效氮仅仅0.01%左右，肥效

差。农村办沼气后，改变了旧有的积肥方式，节省了劳力，提高了肥效。据调查，以土垫圈，从挖土、拉运到畜圈、垫圈、起圈、装运到田、撒布，前后至少起落6次，亩施万公斤肥需手工起落6万公斤土，一户养2～3头猪，积肥用工全年约需10～12个工。例如北京市门头沟区桥户营大队估算，用同样一台手扶拖拉机运肥料，垫土积肥，亩施0.5万公斤肥需用工14个，而装沼气池，喷洒沼气肥，亩施2000公斤，只需0.7个工。提高工效20倍。由于增加了饲料，节约了劳力，家庭养猪增长较普遍，一般比沼气化前上升1～2倍。

(2)黄淮海地区农村发展沼气的现状和前景。黄淮海地区沼气原料资源丰富，人畜粪便、作物秸秆、青杂草、水草、树叶、禽粪等有机物都是沼气发酵的原料。该区气候温和，沼气池使用可在半年或半年以上。因此，适合于发展沼气。从70年代开始，本区所在省市相继修建了一大批沼气池（表18-7），并出现了不少沼气化村，沼气化乡。但发展很不平衡。根据1979年的统计资料，发展较快的是江苏省，建沼气池61.47万个，占总农户数的5.03%，占严重缺柴户的18.0%，超过全国平均水平（全国建池数占总农户的3.6%）。其次是北京市，建沼气池2.38万个，占总农户数的2.56%，占严重缺柴户的4.57%。山东省建沼气池32.45万个，占总农户的2.13%，占严重缺柴户的6.22%。河南省建沼气池32.30万个，占总农户的2.4%，占严重缺柴户的3.53%，但利用率较低，只有23%。安徽、河北、天津建池数较少，占总农户的比率不足1%。

表18-7　黄淮海地区所在省市沼气发展现状（1979）

省　市	农户数	总池数（万个）	平均利用率（%）	使用月数	单池体积(米^3)
全　国	17270.48	624.18	55.45	—	—
河南省	1344.00	32.30	23	6	10
江苏省	1222.00	61.47	74.3	8	8
安徽省	906.57	4.28	50.4	7	8
山东省	1525.98	32.45	63.5	7.2	8～10
河北省	1057.96	8.46	54.5	5	8
北京市	93.00	2.38	66	6	10
天津市	80.88	0.092	—	—	10

按照全国沼气规划，1990年全国计划建沼气池2000万个，占总农户的11.58%，占严重缺柴户的24.27%。如果黄淮海地区按这个平均速度发展，按10%的农户建沼气池，那么，全区需建沼气池286万个（全区按2860万户计）。农村能源严重不足的情况将会大大改善。

(3) 农村发展沼气存在的问题和解决途径。存在问题：①沼气建设所需成本较高，1976～1980年近4年时间国家投资约6000万元兴办沼气，加上农民自己负担的劳务、沙石料等，仅解决了约480～500万户的炊用燃料的基本要求。代价不低。如果要实现全国缺柴农户的一半有沼气池的规划，10年所花经费，包括技术推广、沼气管理、建池补助、建池贷款、对小型动力沼气站投资以及教育科研等等在内，总计需11.07亿元，其中16

亿为贷款可以收回，实际投资为28.07亿元。在材料方面，以户用池需水泥0.5吨，动力站需水泥5吨计算，共需水泥2800万吨，钢材16万吨，塑料11万吨，木材21立方米。若在10～20年内要求迅速推广，实为国力之所不及。②由于我国一些地区的农村严重缺柴，导致了过急的大面积推广沼气。使得在沼气科研和推广工作方向走了几年弯路，很多技术问题没有解决。至1980年，全国建沼气池700万个，只有346万个沼气池正常使用，利用率只有50%。③在我国北方农村，几千年来积肥方式习惯于堆积沤制，运输工具是车。沼气池靠肥料作产气原料，肥料是农家宝。而沼气肥的运输和使用工具均不配套。农民尽管有质量比较高的沼气肥，但施不到田里去。因此，办沼气以后，有机肥料的收集、加工、沤制、提取、运送、贮存、施用的方法和工具、设施都要起变化，施用制度也要与之相适应。这要比建池复杂得多，投资也要大得多。

解决途径：①加强科研工作。目前我国的沼气建设，还有不少关键的技术问题急需研究解决。从长远来看，应用基础科学研究应放在重要的位置上，这样才能使沼气技术水平不断提高。当前的主要问题有两个，一是解决"三低"（池子使用率低，产气率低，原料分解率低）的问题，二是沼气肥的提取、运输、施用和沼气肥的综合利用问题。②建立专业队伍，加强技术培训，尽快掌握先进技术，使其逐步知识化、专业化，增强推广沼气的科学性。为保证建池质量，要有一套包建、包修、包用及其验收、奖惩办法。③抓紧修复存在技术欠缺的沼气池。1979年之前，由于缺乏科学依据，出现了大批废池。目前，修复废池的工作各地都在进行。对那些不能修复的坚决予以报废。对于需要改建或重建的，可根据不同情况予以适当的补贴。④切实搞好沼气池管理，充分发挥效益。沼气池建之不易，管理更难，要有一套管理规程。经常向建池户进行沼气科普知识和安全教育，提高群众的科学管理水平。⑤进一步加强领导总结经验，扎扎实实，稳步健康地发展农村沼气。

四、建立农村能源"多能互补"的合理结构

1.开发与节能并重

农村能源的开发是农村能源建设的基础，开发的同时要注意提高各单项能源的转换效率，即贯彻节能的原则。能源界称能源节约为第五个大能源，与煤炭、石油及天然气、水电、核能等四大能源并列。现在各种能源利用效率，各不相同，潜力很大，一些经济发达国家能源利用效率在40～50%左右，例如日本为36.4%，英国为40%左右，美国为50%左右。各国都在设法提高能源利用效率，如日本要求至1985年把能源利用效率再提高10.8%；美国认为他们的民用能源可能有40%左右的潜力可挖，工业用能源有30%可采用现成节能技术加以回收。我国的能源利用率只有28%左右，提高10～20%是完全可能的。

我国能源利用效率之所以低，其中一个最主要的原因是在能源生产和消费结构中煤炭占的比重大，另一个是我国人口太多，因此消费水平低。1982年农村生产用煤7600多万吨，其中40%用于农村建材工业，其余用于化铁炉、烘炉、粮食及经济作物烘干等。农村砖瓦生产近年发展很快，砖的产量已从1978年730亿块激增至1982年1524亿块，平均年增长20%，已占全国粘土实心砖产量的75%，瓦占90%（2片瓦折一块砖）。但农村砖瓦生产耗能量甚大，1982年万块砖平均耗能1.4吨标准煤，其中轮窑产砖1400亿块，耗能1700万吨标准煤，平均万砖耗能1.23吨标准煤，比国营企业万砖耗能高0.23吨标准

煤。土窑产砖虽然仅有100亿块，却消耗360万吨标准煤能源，单耗高达3.6吨标煤／万块，即耗用17.3%的能源只生产7%的产品。由此看出，对于农村砖瓦业及其工副业的节能节地问题显得特别重要。

2.生活用能与生产用能并重

关于农村生活用能和生产用能问题，许多人主张农村能源只考虑生活用能。这是由于只按农村目前秸秆产量和畜粪量来计算能量数量的，另外还担心投资问题。诚然，如果全部设施用能都由农民负担，确实难以实现。倘若全国农村供能系统都由国家来兴建，总投资也十分可观。所以多年来国内外能源系统经济分析结果，大都是认为不合算。其问题就在于只考虑生活用能，又没有充分利用多种自然能，使其在生产上发挥作用，收到综合经济效益来补偿能源设备的投资，并且进一步积累资金扩大再生产。因此，在农村能源问题上应坚持生活用能与生产用能并重的原则。应把所获得的能源除了满足农民生活用能外，尽可能地多用于直接发展生产和那些收益大、周期短、见效快的项目上。保证粮食生产的同时，要因地制宜地多发展与能源有关的畜牧、蔬菜、养鱼、果树以及经济作物和副业加工等商品性生产。而且，这些生产结构必须有机地结合起来，保持合理的生态循环，以取得较大的经济效果。

随着农业机械化的程度和农民物质文化生活的提高，农村用电不断增长。1981年已达462亿度，占全国用电总量的15%，是1949年的2130倍。现在，农村一天的用电量就相当于1957年全年的用电量。但是，由于设备质量和管理等问题，农村用电浪费很大。大部分省35千伏以下的配电线路损失在20%左右。1981年，农村高压电网的损失达80亿度。如果把这些电力节约下来，可以使6亿多亩地浇上一次水。从能源来看，它等于节约336.8万吨煤炭。

3.一能为主，多能相辅

农村能源广泛蕴藏在生物体和自然界中，适于农村就地开采、分散利用，从全国范围看是一个多元结构，从一个地区看有主有辅，是多元结构的互补体系。黄淮海平原位于北纬32—40°，东临渤海、黄海、西倚太行山、北为燕山。有山区、丘陵、平原、水域，也有洼地。所产能源多种多样，有秸秆，薪柴，煤炭，也有风力，地热和丰富的太阳能。如山区可发挥植树造林的优势，沿海则可利用风力资源。以季节而论，冬季太阳较弱而风力较强，夏季太阳辐射强而风力弱，秋收后农作物急需加工和干燥，是时雨季节来临，小水电可发挥作用，同时还能把多余的水量储存起来留作冬灌之用。如果遇到干旱季节，还是太阳能水泵施展能力的时候。冬季风大正是枯水季节，可以利用风力抽水储能，以提高小水电的利用率。常温沼气池受气温影响很大，如果利用太阳能和风能使沼气池保持中温发酵，并给以搅拌动力，就可解决沼气池在较冷的地区长年稳定的供气问题。总之，一能为主，多能为辅，可充分利用农村自然能。

农村用能包括炊事、取暖、照明、灌溉和农副产品加工动力等等，需要水、电、热和气体燃料等多形式能源。应该尽可能减少不必要的转换环节，做到有效的直接利用。例如太阳能集热器在结构合理、造价便宜的前提下，尽可能提高运行温度，先作为动力热源或农副产品加工过程用热，使用后的余热再给中温沼气保温，其废水还可用于蔬菜温室或温水养鱼、种植高产能源作物，使每一能级的热量都能得到充分和有效的利用。

4.作好农村能源区划

农业区划应包括农村能源区划。在统一考察农村能源蕴藏量、地区分布、可利用程度以及影响其发展的自然、农业、经济技术等有关条件的基础上，按照“因地制宜、多能互补、综合利用、讲求实效”的方针，相应地确定农村能源开发利用的重点、步骤和方法，以便使有限的能源资源，发挥更大的效益。

主要参考文献

1．中国科学院地理研究所经济地理研究室编著：中国农业地理总论，科学出版社，1981

2．中国科学院大气物理研究所编：灾害性天气的预测和防御，科学出版社，1983

3．石元春、辛德惠等著：黄淮海平原水盐运动和旱涝盐碱的综合治理，河北人民出版社，1983

4．韩湘玲等：黄淮海平原农业气候资源的初步分析，研究报告，1983，(6)

5．冷石林等：从干旱规律谈发展旱作农业，黄淮海平原农业发展学术讨论会论文集，1982年2集

6．冷石林等：黄淮海平原春玉米干湿分区，农业气象，1983，(3)

7．冷石林等：黄淮海平原可能最大蒸发量与降水关系及其分布，农业气象，1985，(4)

8．鲍贯洛：关于黄淮海平原农业发展的几个问题，灌溉排水，1982，(3)

9．河南省水利厅郭培鋆：河南省黄淮海平原治水问题，水利水电技术，1983，(1)

10．山东省水利厅　江国栋　孙贻让：合理利用水资源，充分发挥鲁西北水利建设的整体效益，水利水电技术，1983，(2)

11．中科院地理所、国家计委　魏忠义：黄淮海平原浅层地下水灌溉效益分析，自然资源，1987，(2)

12．水电部、中国农科院农田灌溉研究所　余开德：我国第一座恒压喷灌系统技术经济初步分析，农田灌排技术研究汇编，1980～1982

13．“灌溉农业的节水研究”攻关协作组：华北地区灌溉农业的节水技术，1986.5

14．吕善秀：河北省部分地区节水灌溉技术调查，灌溉排水，1985，(1)

15．河南省科协　河南省水利学会：河南省加快农业发展学术讨论会论文选编（水利部分）

16．郑跃泉等：利用咸水滴灌苹果树的试验研究，北京农业机械化学院学报，1982，(2)

17．牛立峰　刘好智：人民胜利渠引黄灌溉三十年，水利电力出版社

18．唐山市水利局：唐山市滴灌技术推广工作总结汇编，1986.8

19．水电部科技情报所：提高现有水利工程效益的重要途径——渠道防渗

20．付琳：雾化灌溉，中国水利，1987，(7)

21．中国科学院土壤及水土保持研究所：华北平原土壤，科学出版社，1961

22．清华大学农田水利教研室：土壤水动力学，1982

23．施成熙等：农田水文学，农业出版社，1984

24．袁剑舫：土壤水分的蒸发及其影响因素，土壤学报，1964，12（4）

25．山东省水科所农水室：粉砂壤土地区潜水位动态与土壤盐渍化问题，山东省科技出版社，1979
26．尤文瑞：盐碱土水盐动态的研究，土壤进展，1984，12（3）
27．黄照愿：潜水蒸发和土壤积盐的研究，土壤通报，1985，（3）
28．石玉洁等：蒸发条件下土壤导水率和扩散率的测定，水利学报，1984，（2）
29．王洪恩：鲁西北地下水临界深度探讨，土壤通报，1964，6
30．陈恩凤等：以水肥为中心的综合措施是改良盐碱地的有效途径，国际盐渍土学术讨论会论文集，1985
31．赵守仁等：江苏盐渍土的培肥改良，国际盐渍土学术讨论会论文集，1985
32．黄照愿：盐碱地综合治理，安徽省科技出版社，1985
33．刘期松等：土壤有机质转化的研究，土壤学报，1980，17（3）
34．黄不凡：绿肥、秸秆还田培肥地力的研究，土壤学报，1984，21（2）
35．王隽英：不同绿肥及秸秆对土壤有机质积累的效果，中国农科院土肥所，科学研究年报，1983
36．W・P凯莱，黄震华译：盐碱土，科学出版社，1959
37．宋兆民：黄淮海平原防护林体系的建设对农业生态系统的改造和调控作用，黄淮海平原农业发展学术讨论会论文选集，1982
38．中国科学院土壤水保所等：华北平原土壤，科学出版社，1961
39．中国科学院南京土壤研究所：中国土壤，科学出版社，1978
40．张蓝阁：对我省引黄灌溉的意见，山东水利科技，1980，（1）
41．中国农科院灌溉所等：黄淮海平原盐碱地改良，农业出版社，1977
42．江国栋等：对我省西北地区综合治理旱涝碱的几点意见，山东水利科技，1980，（1）
43．方生：总结历史经验防止灌区次生盐碱化，海河科技，1980，（8-9）
44．熊毅、席承藩著：华北平原土壤，科学出版社，1965
45．中国科学院南京土壤所主编：中国土壤，科学出版社，1978
46．侯光炯、高惠民主编：中国农业土壤概论，农业出版社，1982
47．中国科学院南京土壤所等编：盐渍土改良论文选，山东省科技出版社，1979
48．中国农学会、水利学会等：黄淮海平原农业发展学术讨论会论文选，1982
49．安徽省水利局勘测设计院等：安徽淮北平原土壤，上海人民出版社，1976
50．傅积平等主编：黄淮海平原区域治理技术体系研究，科学出版社，1987
51．中国农业科学院农田灌溉所等：黄淮海平原盐碱地改良，农业出版社，1979
52．周鸣铮：我国农业现代化中的肥料问题，土壤通报，1985，（2）
53．黄德明：测土施肥科学的发展及其前景，北京农业科学，1985
54．周鸣铮：中国的测土施肥，土壤通报，1987，（1）
55．刘哈丽：测土施肥技术，化工部上海化工研究院肥效室、情报室，1983.7
56．中国农科院土壤肥料研究所：化肥实用指南，农业出版社，1982
57．李仁岗：肥料的增产效应与经济施肥，土壤养分、植物营养与合理施肥，中国土壤学会农业化学专业委员会论文选集，1981

58. 杨守春：推荐施肥研究方法的几个问题，土壤通报，1986（3）
59. 李酉开，毛达如等：北京土壤-作物测试系统的建立与施肥建议的研究，1982～1983年度报告
60. 姚振镐：利用肥料效应试验和经济模式确定最佳施肥量，土壤通报，1982,(1)
61. 杨守春、孙昭荣等：黄淮海平原不同土壤玉米N、P最佳施肥用量和土壤-玉米系统中N素平衡的研究，土壤肥料，1986，（3）
62. 袁留照：计算机预测施肥系统的探讨，黄淮海平原徐淮海中低产地区综合治理论文选集，1985
63. 杨守春，孙昭荣等：黄淮海平原不同土壤小麦氮、磷最佳施用量和氮素平衡的研究，中国农科院黄淮海平原科技攻关论文集，1986
64. 杨守春：高产夏玉米最佳施肥量及配套技术，内部资料，1987.5
65. 龚光炎、李恭志等：棉田经济施肥机理及其技术研究，河南省农科院土肥所，1986.3
66. A·Finok，西德，最佳施肥量与经济施肥，蔡子宇节译自《Dunger and Dungung》
67. 全国农业区划委员会：中国综合农业区划，农业出版社，1984
68. 中国农业科学院区划所：中国种植业区划，农业出版社，1981
69. 南京大学、中山大学地理系：普通水文学，人民教育出版社
70. 邓聚龙：灰色系统，国防工业出版社
71. 张鸿顺：集合与数，科学出版社
72. 张其凯等：决策可行性分析漫谈，海洋出版社
73. 中国农学会等：黄淮海平原农业发展学术讨论会论文集，第1～5卷，内部资料
74. 黄淮海平原旱涝盐碱综合治理区划，内部资料
75. 中国农业科学院粮食和经济作物发展研究组：我国粮食和经济作物发展问题研究
76. 金善宝主编：中国小麦栽培学，农业出版社，1961
77. 中国农科院主编：小麦栽培理论与技术，农业出版社，1979
78. 山东农学院主编：作物栽培学（北方本）上册，农业出版社，1980
79. 黄祥辉、胡茂兴：小麦栽培生理，上海科学技术出版社，1984
80. 中国农学会、中国水利学会、中国林学会主编：黄淮海平原农业发展学术讨论会论文选集，第三卷，1982
81. 中国农科院作物所：小麦生长发育规律与增产途径，河南人民出版社，1980
82. 北京市农科院情报资料室，张锦熙：华北平原低产区小麦的增产途径，农业科技资料，1979，（5）
83. 张锦熙等：小麦叶龄指数促控法的研究，中国农业科学，1981，（2）
84. 中国农科院作物所栽培系旱农攻关组：青县旱地农作物综合栽培技术研究总结，内部资料，1985
85. 张保明、刘锡山、瞿志海：旱地小麦产量因子分析及增产途径的探讨，内部资料，1985年。

86．甘吉生、李继武、刘锡山：小麦沟播、集中施肥的效应和技术研究，全国联合试验总结报告，内部资料，1984年。
87．甘吉生、李继武：小麦地膜覆盖栽培技术研究报告，内部资料，1986年
88．中国农科院灌溉所：商丘治理区旱地小麦增产技术研究，内部资料，1984年
89．中国农科院土肥所：黄淮海平原不同土壤小麦N、P最佳用量和N素平衡研究，内部资料，1985年
90．河北黑龙港区夏秋粮攻关组：1.旱薄地小麦增产途径及N、P化肥量及施用技术 2.冬小麦增产稳产配套技术
91．中国科学院主编：中国农业地理，科学出版社，1982
92．沈学年、刘巽浩主编：多熟种植，农业出版社，1983
93．佟屏亚：中国玉米分区评述及其发展方向，农牧情报研究，1985，（12）
94．佟屏亚：华北平原玉米耕作制度改革的现状和前景，农业部论文汇编，1980
95．佟屏亚：玉米种植管理手册，农村读物出版社，1982
96．佟屏亚、凌碧莹：关于划分生育期的几点建议，耕作与栽培，1985，（4）
97．佟屏亚、凌碧莹：玉米籽粒建成过程及其分期的研究，中国农科院作物所科学研究年报，1983
98．刁光中等：棉花优良品种——中棉10号，农业出版社，1983
99．刁光中：中棉10号栽培要点，中国棉花，1983，（2）
100．刁光中：中棉10号适宜栽培技术的分析，中国棉花，1984，（2）
101．全国种子总站：中棉10号考察总结，中国棉花，1984，（2）
102．谭联望等：兼抗枯黄萎病棉花新品种中棉12号简介，中国棉花，1986，（5）
103．中国农业科学院棉花研究所低酚棉育种组：低酚棉新品种中棉13号简介，中国棉花，1987，（6）
104．陈奇恩等：棉田塑料薄膜地面覆盖的环境效应，中国农业科学，1982，（4）
105．张雄伟等：棉花地膜覆盖栽培技术，农业科技通讯，1984，（11）
106．全国农业技术推广总站编：各类型棉区地膜覆盖栽培配套技术，农业推广（增刊），1986.2
107．林光海等：黄淮海平原盐碱地植棉技术开发研究，棉花学报，1985，（1）
108．陈奇恩等：地膜覆盖的耕层土壤效应与棉花生长关系，棉花学报，1986，（2）
109．侯立功等：棉花地膜覆盖栽培技术，地膜覆盖栽培，中国棉花，1985，（1）
110．李俊义等：棉花施用锌肥技术研究，中国棉花，1985，（6）
111．李俊义等：棉花氮磷钾化肥最佳用量及需肥规律研究，中国棉花，1987，（6）
112．唐耀昇、张淑玲：棉铃生育与温度研究初报，棉花，1980，（4）
113．张家宪：棉花集中多结伏桃早秋桃高产栽培法的研究（摘要），中国棉花学会第二次代表大会暨学术交流会会议文件和论文汇编，1984
114．蒋国柱、邓绍华、潘晓康：棉花优质高产最佳结铃模式及调节技术，中国棉花，1987，（5）
115．刘圣田：棉花源库关系与防止早衰，中国棉花，1987，（5）
116．孙克用等：应用^{15}N示踪技术对大豆氮素营养生理特点的研究，原子能农业应

用，1986，（1）
117．杨孟佩等：夏大豆营养生理及施肥技术研究，大豆科学，1986，（4）
118，孙克用等：大豆氮磷营养生理研究，“六·五”攻关课题年度总结，内部资料，1983.12
119．尤崇杓：原子能农业译丛，1982，（2）
120．马昌磷等：原子能农业应用，1983，（2）
121．陈子元等：核技术及其在农业科学中的应用，科学出版社，1983
122．小山雄生：日本土肥志，1982，46
123．吴兆明：植物生理生化进展，科学出版社，1982，（1）
124．赵素娥：植物生理生化进展，科学出版社，1982，（1）
125．李止正：植物生理学通讯，1980，（1）
126．吴明才：农业科技通讯，1983，（6）
127．刘后利：几种芸薹属油菜的起源和进化，作物学报，1984，（1）
128．北方冬油菜考察组：北方冬油菜生产技术考察总结，中国油料，1981，（4）
129．张文洁：豫东北盐渍性作物品种的调查研究，土壤学通报，1956，（2）
130．杨经泽等：不同盐分对油菜种子发芽的影响初报，中国油料，1984，（4）
131．高明珠等：油菜绿肥的肥田作用，新疆农垦科技，1985，（1）
132．徐润芳等：油菜可溶性糖的积累与越冬保苗关系，中国油料，1983，（4）
133．杨经泽等：北方冬油菜安全越冬问题调查研究，中国油料，1982，（1）
134．杨经泽等：黄淮地区高产油菜产量结构与生长发育特点的研究，河南农林科技，1985，（11）
135．杨经泽：黄淮地区油菜增产的关键技术，1985，（1）
136．詹英贤：芝麻及其栽培，科技出版社出版，1960
137．河南省农林科学院主编：芝麻，河南人民出版社，1979
138．钟乃、李承华：淮北平原芝麻高产稳产技术及需肥规律研究，中国油料，1985，（3）
139．中国农科院油料所芝麻栽培组：芝麻高产的生物学基础和栽培途径初析，河南农业科学，1986，（9）
140．李承华、程国光：芝麻种子发育与养份累积的初步研究，安徽农业科学，1986，（9）
141．钟乃、李承华：芝麻硼肥施用技术，农业科技通讯，1986，（4）
142．孙梅英等：芝麻不同生育期类型品种的播期研究，农业科技，1986，（1）
143．何荣汾：增产的措施——土壤应该放在前边，农业科学实验，1974，（1）
144．何荣汾：萘乙酸防止提前落果好，农业科学实验，1974，（2）
145．何荣汾，李道德：乙烯利和比久对元帅苹果质的影响试验小结，果树科学实验，1975年，（3）
146．何荣汾：果树在调整黄淮海平原农业生产结构中的意义，果树科学，1985，（2）
147．何荣汾等：矮化砧苹果幼树纱锭形整枝法，农业科技通讯，1986，（4）

148. 左覃元等：罐桃优良品种，果树科学，1985，（4）
149. 左覃元等：黄桃品种比较试验研究，果树科学，1987，（1）
150. 山东省棉花研究所：山东省棉花枯、黄萎病综合防治研究概况，山东农业科学，1982，（1）
151. 王清和等：兼治棉苗根病和蚜虫的复配剂试验简报，植物保护学报，1983，10（4）
152. 牛玉兰：我国主要棉区棉苗根病发生种类及其防治，中国棉花，1983，（2）
153. 马存、朱颖初：棉花黄萎病发病与温度关系盆栽试验结果，中国棉花，1983，（6）
154. 中国农作物病虫害编辑委员会编：中国农作物病虫害（上册），农业出版社，1979
155. 中国植物保护学会组织编写：小麦病虫草害的防治，化学工业出版社，1983
156. 司权民：甘薯黑斑病的防治研究，中国植物保护科学，科学出版社，1961
157. 刘惕若：黑粉菌为黑粉病，农业出版社，1984
158. 吕金殿、罗家龙：棉花枯、黄萎病及其防治，上海科学技术出版社，1983
159. 过崇俭、罗张：棉花苗期病害的发生和防治，中国植物保护科学，科学出版社，1961
160. 沈其益等：呋喃丹液剂与杀菌剂复配成种衣剂处理棉种研究初报，中国棉花病害研究及其综合防治，农业出版社，1984
161. 周广和、张向才：从预测报实践谈小麦黄矮病发生流行规律，植物保护，1982（1）
162. 周广和、张向才、张淑香：1984年小麦黄矮病毒标样测定简报，植物保护，1984（6）
163. 周广和：美国大麦黄矮病的研究进展，世界农业，1984，（11）
164. 河南省兰考县农业局、中国农科院植保所：红薯黑斑病防治方法，农业科技通讯，1973，（25-26）
165. 陈其煐：棉花枯萎病和黄萎病的综合防治，科学技术文献出版社，1983
166. 柴合印：河南省棉花枯、黄萎病的发生特点，河南农林科技，1983，（7）
167. 柴合印：棉花地膜覆盖能防治枯、黄萎病，河南农林科技，1983，（3）
168. 姚耀文、朱颖初、石磊岩：长江流域棉区黄萎病菌‘种’的鉴定简报，植物保护，1984，10（4）
169. 姚耀文、石磊岩：棉花枯、黄萎病综合防治，农业科技通讯，1983，（4）
170. 张惠雪等：多菌灵防治窖藏甘薯黑斑病效果好，农业科技通讯，1983，（10）
171. 张辅志：棉铃主要病害发生规律及其防治，中国棉花，1983，（4）
172. 张家清等：上海郊区棉铃疫病发生和防治研究，植物保护学报，1980，7（4）
173. 载芳澜等：中国经济植物病原目录，科学出版社，1958
174. 籍秀琴：棉花苗期病害及其防治，农业出版社，1984
175. 籍秀琴等：代森甲砷防治棉花苗病试验，植物保护，1964，2（2）
176. 马世骏：中国昆虫地理区划，科学出版社，1959

177．中国农科院植保所棉虫组：介绍一种与棉种同步播施颗粒剂的机具——同步施药机，植物保护，1983，9（3）：17
178．北京市农科院植保室等：京郊蛴螬的发生和综合防治，昆虫学报，1975，18（2）
179．农牧渔业部农作物病虫测报站主编：农作物病虫预测预报资料表册（下册），农业出版社，1981
180．江苏省徐州地区农科所等：徐州地区粘虫发生的特点和综合防治，昆虫学报，1975,18（2）
181．齐兆生等：除虫菊酯与杀虫脒混用的研究，植物保护，1983，9（3）
182．李光博：粘虫的综合防治，中国主要害虫综合防治，科学出版社，1979
183．李伟华等：我国玉米螟及其近缘种调查研究，植物保护，1980,6（3）
184．陈永林：改治结合根除东亚飞蝗蝗害，中国主要害虫综合防治，科学出版社，1979
185．陈沛、孟文：粟灰螟的综合防治，中国主要害虫综合防治，科学出版社，1979
186．周大荣等：玉米螟人工大量繁殖研究Ⅰ——一种半人工饲料及其改进，植物保护学报，1980，7（2）
187．周大荣、李伟华：河南温县小麦吸浆虫的回升及防治，植物保护，1981，7(1)
188．林昌善、郑臻良：有效温度法则在我国粘虫发生地理学上的检验，昆虫学报，1958，8（1）
189．周明祥、钟启谦、魏鸿钧：华北农业害虫记录，中华书局，1953
190．钟启谦、魏鸿钧：中国的主要地下害虫，财政经济出版社，1958
191．胡明俊、孙伯欣：玉米螟的综合防治，中国主要害虫综合防治，科学出版社，1979
192．樊孝贤、何本极：棉花害虫综合防治，中国主要害虫综合防治，科学出版社，1979
193．魏鸿钧：黄淮地区的“三蛾”问题植物保护，1965,3（2）
194．魏鸿钧：防治地下害虫药剂的取代研究，中国农业科学，1977，（3）
195．魏鸿钧：地下害虫综合防治，中国主要害虫综合防治，科学出版社，1979
196．魏鸿钧：从蛴螬的大发生论地下害虫的防治前景，植物保护，1979,5（3）
197．魏鸿钧：地下害虫研究进展，昆虫知识，1979,16（4）
198．魏鸿钧：地下害虫发生动态与防治意见，昆虫知识，1985，22（3）
199．魏鸿钧：小麦吸浆虫正在回升，植物保护，1985，11（1）
200．魏鸿钧：小麦吸浆虫发生动态和防治建议，昆虫知识，1986，23（1）
201．中国畜牧业综合区划研究组：中国畜牧业综合区划，内部资料，1984
202．单乃铨、韩安：畜牧业发展问题，内部资料，1982
203．牛若峰：关于城市郊县如何发展商品生产的探讨，内部资料，1984
204．王栋：牧草学各论，畜牧兽医出版社
205．耿华珠、苏加楷：青绿饲料，科学出版社
206．苏加楷等：优良牧草栽培技术，农业出版社

207. 岳绍先、孙鸿良：1986:美国籽粒苋在国内引种试种三年表现及其利用问题，作物品种资源，1986，2

208. 岳绍先、孙鸿良、刘爱田、付和、王志强：美国籽粒苋在商丘地区种植的生态适应性与纳入种植业结构的意义（一）、（二），河南农林科技，1985，(6-7)

209. 顾德发、赵伟钧：古老作物的新发现——国外粒用苋研究近况，国外农业科技，1981，（8）

210. 邹林坤、房宝琴、于风辉：粒用苋的研究与发展趋势，农业现代化研究，1984，（1）

211. 《黄淮海平原旱涝盐碱综合治理区划》编写组：黄淮海平原旱涝盐碱综合治理区划，1982.5

212. 施德铭、梁宝芬：黄淮海平原农业发展学术讨论会论文选集，1982，第2卷

213. 徐锡纯等：农业工程（能源专辑），1981

214. 沈瑞芝等：沼气肥肥效及综合利用，1985

215. 张天成等：黄淮海平原农业发展学术讨论会论文选集，1982，第四卷

216. De Jere;The Offect of a Substuface Hydrophobic Layer on Water and Salt Movement, Can. J. Soil Sci, 1983.63

217. M. F. Solima et al; Effect of Stratification on Salt and Water Movement in Calcareous Sail, Agrcchimica, 23 (2)

218. Olson, R. A. , K. D. Frank; Ecoromic and Agronomic Impacts of Varied Philosophies of Soil Testing, Agronomy Joural, 1982, Vol.74 (5-6)

219. Olson.R.A.et al;Soil Testing Philosophies Crop and Soil Magazine, 1982

220. Sorensen R. C.;Soil Testing and Plant Analysis, Agronomg 966 Lecture, The University of Nebraska Lincoln, 1983

221. Frank. J. Steveson et al; Nitrogen in Agricutural Soil, 1982

222. Palta, J. P. et al.; Plant Physiol, 1977, (60)

223. Willemot C. and T. Pelletier; Canada Plant Sci., 1979, (59)

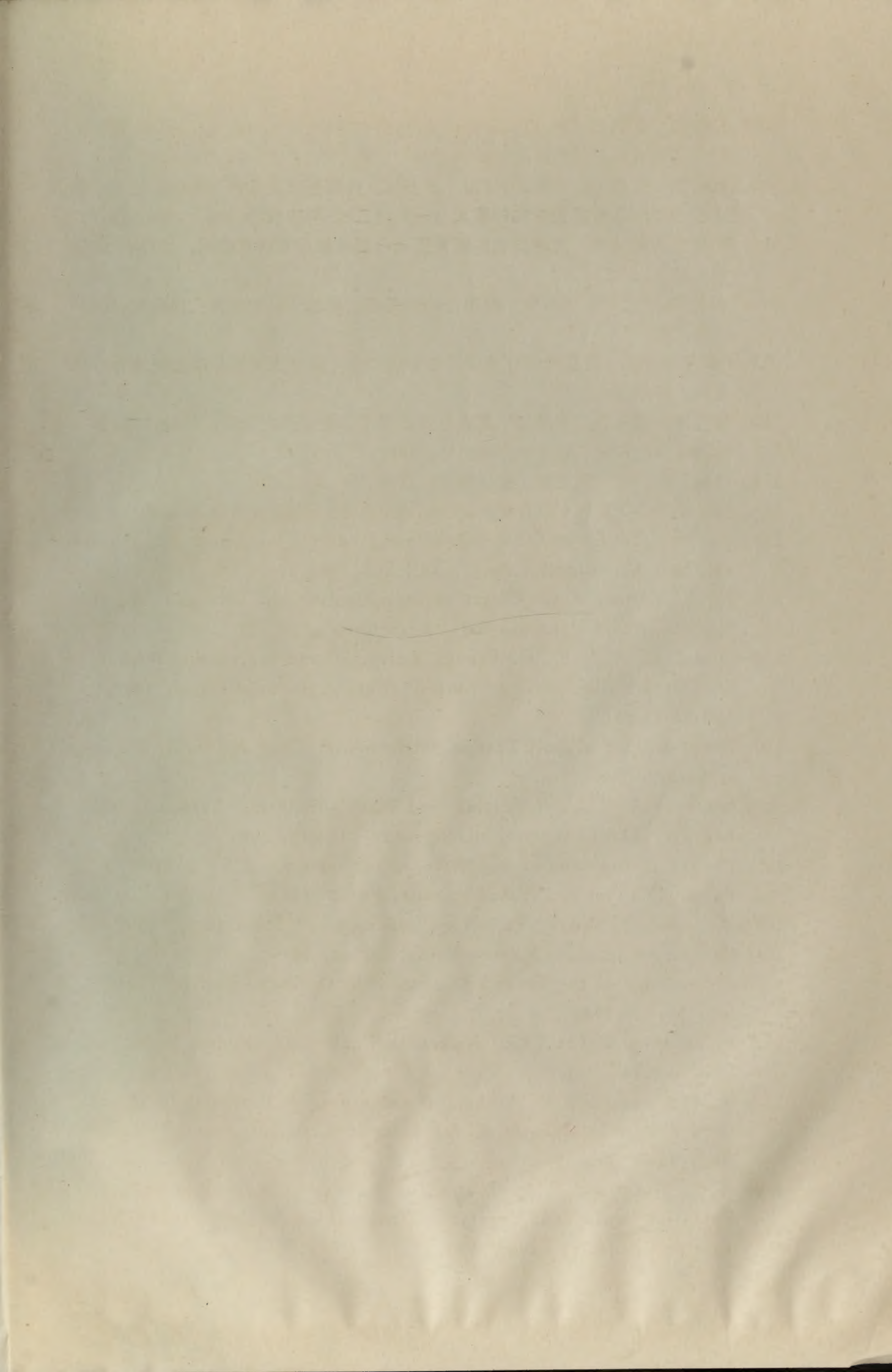
224. Canolar; Canacla's Kapeseed Association, 1979

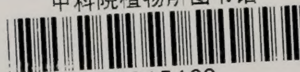
225. Proceedings of the Second Amaranth Conference, Rodale Press, Inc. USA., 1980

226. Proceedings of the Third Amaranth Conference, Rodale Press, Inc. USA., 1986

227. R.M. Saunders & R. Becker; Amaranthus: A Potential Food and Feed Resource, Chapter 6, Advances in Cereal Science and Technology,1985, Vol.16

228. H.E. Flores and R.A. Teutonico; Amaranths(Amaranthus spp.): Potential Grain and Vegetable Crops, Biotechnology in Agricutture and Forestry, 1986, Vol.2




中科院植物所图书馆
S0015468

封面设计//马钢
责任编辑//王涌清等
中国农业科技出版社

ISBN 7—80026—127—1/S·96
定价：15.00元